



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS - CTC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

FLAVIO BOSCATTO

**DIRETRIZES PARA O LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO E
GEODÉSICO DO PATRIMÔNIO CULTURAL MATERIAL**

**FLORIANÓPOLIS
2014**

FLAVIO BOSCATTO

**DIRETRIZES PARA O LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO E
GEODÉSICO DO PATRIMÔNIO CULTURAL MATERIAL**

Tese de doutorado submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Henrique de Oliveira.

FLORIANÓPOLIS
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Boscatto, Flavio

Diretrizes para o levantamento topográfico e geodésico do Patrimônio Cultural Material / Flavio Boscatto ; orientador, Francisco Henrique de Oliveira - Florianópolis, SC, 2014.

264 p.

Tese (doutorado)-Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. Levantamento topográfico e geodésico. 3. Diretrizes ao levantamento. 4. Patrimônio Cultural Material. I. Oliveira, Francisco Henrique de. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

FLAVIO BOSCATTO

**DIRETRIZES PARA O LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO E
GEODÉSICO DO PATRIMÔNIO CULTURAL MATERIAL**

Esta Tese foi julgada adequada para a obtenção do grau de “Doutor em Engenharia Civil” e aprovada, em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFSC.

Prof. Dr. Roberto Caldas de Andrade Pinto
Coordenador PPGEC

Orientador: Prof. Dr. Francisco Henrique de Oliveira
Orientador/Moderador

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Aluir Porfírio Dal Poz - UNESP

Prof. Dr. Rudiney Soares Pereira - UFSM

Prof. Dr. Rafael Augusto dos Reis Higashi – PPGEC/UFSC

Prof. Dr. Mario Jorge Cardoso de Freitas – FAED/UDESC

Dra. Sonia Elisete Rampazzo – FAED/UDESC

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de vida e saúde.

Aos meus pais Antonio Carlos Boscatto e Berenice Boscatto pelos valores transmitidos durante toda minha vida.

À minha companheira Maura Pauletto Taschetto por todos os momentos de nossas vidas em que vivemos em busca da felicidade e do amor.

Aos meus filhos Pedro e Julia por fazerem parte da minha vida e terem me escolhido como pai na presente existência.

Ao meu orientador e amigo Francisco Oliveira que sempre incentivou, apoiou e ajudou para que esse trabalho se concretizasse.

Ao Edenir Baggio Perin e à Sonia Rampazzo por me apresentar as peculiaridades do Patrimônio Cultural e me envolverem com esse tema que se tornou o motivo da minha tese.

À equipe do Geolab, em especial aos alunos do Projeto Caminho das Tropas, pela ajuda nos trabalhos durante a execução da pesquisa.

Ao amigo Lino pela força no projeto Caminho das Tropas, por segurar as aulas de topografia na reta final da tese e pela amizade.

À Profa. Mariane Alves Dal Santo pela amizade e apoio fornecido no Geolab.

Ao Prof. Cláudio Zimmerman por me acolher no estágio de docência em sua disciplina de Topografia.

Aos meus amigos e colegas de trabalho do Curso Técnico de Agrimensura do Instituto Federal de Santa Catarina, em especial ao Cabral, Hasenack, Rovane e Leonel pela ajuda e ricas discussões sobre agrimensura, cadastro territorial e sobre a arte da mensuração.

À empresa Vector Geo4D pela abertura das portas e ajuda nos trabalhos com o *Laser Scanner*.

À todos aqueles que de alguma forma colaboraram para que esse momento chegasse.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado.

O meu muito obrigado.

RESUMO

As instituições gerenciadoras e gestoras do Patrimônio Cultural Material (PCM) necessitam de instrumentos que subsidiem os pareceres técnicos, na questão de preservação do Patrimônio Cultural e em relação aos licenciamentos de obras de infraestrutura. Além disso existe a necessidade de documentar os bens patrimoniais através do conhecimento geométrico e posicional obtidos com técnicas de mensuração. Para que essas finalidades sejam alcançadas se faz necessária a padronização dos trabalhos de levantamentos em campo, gerando produtos confiáveis e úteis às necessidades de preservação do PCM. Atualmente os órgãos gestores recebem trabalhos realizados isoladamente e que se utilizam-se de métodos e técnicas diversas sem muitas vezes atender a necessidade das instituições e da própria preservação do Patrimônio. Assim sendo esse trabalho tem como objetivo a elaboração de diretrizes para os levantamentos topográficos e geodésicos aplicados ao Patrimônio Cultural Material. Para alcançar o objetivo foi realizada uma revisão bibliográfica com o apontamento das feições que compõe o Patrimônio Cultural Material de interesse na área de mensuração, foram estudadas a legislação e normas técnicas brasileiras. Pesquisou-se os métodos de levantamento topográficos e geodésicos aplicáveis ao levantamento do PCM, considerando a automação topográfica e informatização dos cálculos e desenhos em ambiente informatizado, estudou-se as técnicas GNSS, métodos convencionais de levantamento topográfico, fotogrametria terrestre e varredura a laser terrestre estática. Foram realizadas medições em campo com intuito de verificar a aplicabilidade dos métodos estudados através da mensuração de sítios arqueológicos e edificações históricas. Por fim elaborou-se as diretrizes para os levantamentos topográficos e geodésicos, que apontam os conceitos a serem utilizados, as finalidades dos levantamentos, o sistema e plano de referência, a implantação de pontos de referência para apoio às medições, os métodos e técnicas para o levantamento das feições e a documentação técnica a ser gerada fruto dos métodos aplicados. Chegou-se a conclusão de que a metodologia aplicada nesta tese subsidiou à elaboração das diretrizes e como recomendação foram realizados apontamentos para estudos futuros a fim de aperfeiçoar e validar as diretrizes.

Palavras chaves: Levantamento topográfico e geodésico, diretrizes ao levantamento, Patrimônio Cultural Material.

ABSTRACT

The management of cultural heritage institutions need tools that support technical opinions on the issue of preservation of cultural heritage in relation to the approval processes for infrastructure works . There is also a need to document the cultural heritage through geometric and positional knowledge obtained with measurement techniques. For these purposes to be achieved it is necessary to standardize the work of field surveys, generating reliable and useful to the needs of preservation of cultural heritage technical documents. Currently managing institutions get work done alone and that make use of various methods and techniques not often meet the need of the institutions and the self-preservation of heritage. Thus this work aims at developing guidelines for topographic and geodetic surveys applied to the cultural heritage. To achieve the goal of the literature review of the features of interest in the cultural heritage area measurement was taken, were analyzed by the Brazilian legislation and technical standards. Researched the methods of topographic and geodetic survey applicable to cultural heritage, considering the computerization of the calculations and drawings process. GNSS techniques, conventional methods of surveying, terrestrial photogrammetry and terrestrial laser scanning static were studied. Measurements were performed in the field in order to verify the applicability of the methods studied by measuring archaeological sites and historic building. Finally drew up guidelines for topographic and geodetic surveys which indicate that the concepts to be used, the purposes of the survey, the system and the reference plane, the deployment of landmarks to support measurements, methods and techniques for survey the features and technical documentation to be generated by the methods applied. The conclusion that the methodology applied in this thesis has subsidized the development of the guidelines and recommendation as notes for future studies were conducted to refine and validate the guidelines was reached .

Keywords: Topographic and geodetic survey, guidelines for survey, cultural heritage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma da estrutura da pesquisa	28
Figura 2: Museu do Sambaqui da Beirada- RJ	34
Figura 3: Caminho das Tropas	35
Figura 4: Fazenda São João – Lages/SC.	36
Figura 5: Corte de uma casa subterrânea recriada a partir de estudos arqueológicos/ Arte: César Mattos.	37
Figura 6: Casas subterrâneas e semisubterrâneas	38
Figura 7: Modelagem das casas subterrâneas.	38
Figura 8: Sambaqui localizado entre a Praia de Ipoã e a Praia da Galheta em Laguna/SC. Fonte: Silvia Peixoto (2008).....	39
Figura 9: Oficina lítica localizada na Praia dos Ingleses em Florianópolis	41
Figura 10: Museu Histórico de Santa Catarina localizado no Palácio Cruz e Sousa em Florianópolis.....	43
Figura 11: Paisagem na serra catarinense com um corredor de taipas da região do Escurinho Lages/SC	44
Figura 12: Malha retangular para os estudos arqueológicos.....	46
Figura 13: Escavação de um sambaqui.....	46
Figura 14: Mapa das áreas de estudo.....	48
Figura 15: Patologia encontrada em uma edificação histórica através de levantamento a varredura a laser.	51
Figura 16: Beiral da fachada da edificação histórica através de levantamento a varredura a laser.	51
Figura 17: Planta da Fazenda Cajuru.....	52
Figura 18: Planta da Fazenda Cajuru e o polígono de tombamento	53
Figura 19: Levantamento taqueométrico em um sítio arqueológico na Grécia.....	56
Figura 20: Planta do levantamento taqueométrico realizado em um sítio arqueológico na Grécia.....	56
Figura 21: Sítio arqueológico no Paquistão.....	57
Figura 22: Teodolito e distanciômetro em um levantamento na Turquia	58
Figura 23: Capa do Relatório Leica n.35 com o equipamento topográfico instalado nas ruínas da igreja na Alemanha.	60
Figura 24: Escombros da igreja na Alemanha.	61
Figura 25: Exemplo do mapa dos castelos comercializado na escala 1:200.000	62
Figura 26: Exemplo do mapa do patrimônio cultural da Suíça comercializado na escala 1:300.000.....	62
Figura 27: Exemplo do mapa do Monte Everest	62
Figura 28: Representação 2D e 3D de monumento na documentação de grau de detalhamento das medições oficiais da Suíça.....	63
Figura 29: Representação 2D e 3D de remanescentes arqueológicos na documentação de grau de detalhamento das medições oficiais da Suíça.....	64
Figura 30: Representação 2D e 3D de grotas e entradas de caverna documentação de grau de detalhamento das medições oficiais da Suíça	64
Figura 31: Representação 2D e 3D de crucifixo e estátuas na documentação de grau de detalhamento das medições oficiais da Suíça	65
Figura 32: Planta de um levantamento do Patrimônio Cultural	68

Figura 33: Extrato de uma planta de um levantamento planialtimétrico.....	69
Figura 34: Extrato de uma planta de levantamento planialtimétrico e detalhes.	70
Figura 35: Parte da fachada levantada por Fotogrametria.	72
Figura 36: Detalhe da fachada com a deterioração do Patrimônio Cultural.....	73
Figura 37: Ilustração de uma poligonal fechada aplicada ao PCM	74
Figura 38: Ilustração do método de Estação Livre aplicado ao PCM	74
Figura 39: Desenho de uma catalogação de um sepultamento e das peças encontradas em um sítio arqueológico.	75
Figura 40: Mapa do levantamento de sítio arqueológico com mais de 15.000 anos.	76
Figura 41: Croqui a mão da <i>Iglesia San Esteban Mártir</i>	77
Figura 42: Planta da <i>Iglesia Paroquial del Salvador</i>	78
Figura 43: Planta da disposição de sítios arqueológicos com as curvas de nível representando o relevo	79
Figura 44: Curvas de nível e planta baixa de um sítio arqueológico.....	80
Figura 45: Corte no terreno para demonstrar as estruturas das civilizações antigas	80
Figura 46: Uso de um nível para medição das estruturas dos sítios arqueológicos..	81
Figura 47: Nuvens de pontos na varredura a laser na Igreja Gótica – França	82
Figura 48: Varredura a Laser no interior da Igreja <i>St. Leonhard</i>	83
Figura 49: Trabalho de varredura a laser na <i>Vía de la Plata</i>	84
Figura 50: Interior da Wonderwerk Cave no escaneamento dos alvos	85
Figura 51: Parcelas que compõe um imóvel	91
Figura 52: Esquema do conceito, vertical, normal e altura.	105
Figura 53: Elementos do Sistema Topográfico Local.....	106
Figura 54: Estação Total e o Plano Topográfico Horizontal.....	115
Figura 55: Ilustração de uma rede de pontos de referência.	117
Figura 56: Ilustração de um ponto (2) a ser ajustado por dois pontos de referência (GNSS ou Estação Livre).	118
Figura 57: Ilustração de um ponto (2) determinado por um ponto de referência (GNSS).	119
Figura 58: Telas da Estação Total Leica TS 02	120
Figura 59: Tela da Estação Total Leica TS02 com fator de escala configurado. ...	121
Figura 60: Esquema ilustrativo do pós-processamento no método estático.	129
Figura 61: Esquema ilustrativo do processamento em tempo real no método RTK.	132
Figura 62: Ilustração do método RTK em rede.....	133
Figura 63: Exemplo de levantamento pelo método polar.....	135
Figura 64: Exemplo do levantamento por coordenadas retangulares.....	136
Figura 65: Poligonal fechada com orientação na poligonal	138
Figura 66: Poligonal fechada com orientação não coincidente com a poligonal.....	139
Figura 67: Poligonal Enquadrada Tipo 2.	140
Figura 68: Poligonal Enquadrada Tipo 3	141
Figura 69: Poligonal Aberta.....	142
Figura 70: Exemplo de medição de um mesmo ponto de distintas Estações	142
Figura 71: Eixos do Sistema da Rede de Referência e do Sistema da Estação Total	144
Figura 72: Método Estação Livre por medições lineares e angulares	144
Figura 73: Exemplo da locação em malha.	147
Figura 74: Exemplo ilustrativo da aplicação do método do alinhamento.	149

Figura 75: Ilustração do método de interseção.	150
Figura 76: Ilustração das medidas para o método da Trilateração.	151
Figura 77: Ilustração da tomada de uma única fotografia.	153
Figura 78: Retificação de uma única fotografia.	154
Figura 79: Exemplo de tomada de um estereopar.	155
Figura 80: Fluxograma dos produtos para a documentação do Patrimônio Cultural Material.	159
Figura 81: Nuvem de pontos com cores reais de uma edificação em Joinville/SC.	159
Figura 82: Ortoimagem de parte da edificação em Joinville/SC.	160
Figura 83: Corte oriundo da vetorização da ortorectificação.	160
Figura 84: Fachada da modelagem da Estação Ferroviária de Joinville/SC.	160
Figura 85: Fotografia da Estação Ferroviária de Joinville/SC.	161
Figura 86: Fluxograma do capítulo 4.	165
Figura 87: Rede formada no IFSC.	166
Figura 88: Rede de Referência implantada no IFSC.	170
Figura 89: Base nivelante com nível tubular para centragem de receptor GNSS.	170
Figura 90: Ponto IPHAN 0 demarcado em cima do pilar do atracador da balsa Perrixil-Imarui.	173
Figura 91: Receptor GNSS instalado no ponto IPHAN0.	174
Figura 92: Disposição dos pontos GNSS e os vetores formados no ajustamento.	174
Figura 93: Ponto IPHAN M1 sendo mensurado por técnica RTK.	178
Figura 94: Ponto IPHAN M2 sendo mensurado por técnica RTK.	178
Figura 95: Tela do programa Posição com a configuração da Poligonal IIPRC.	186
Figura 96: Ilustração da distribuição dos pontos.	186
Figura 97: Ilustração da Poligonal Enquadrada.	189
Figura 98: Esquema do controle de qualidade da Poligonal Aberta.	194
Figura 99: Disposição dos pontos para o método EL.	195
Figura 100: Área da representação dos dados levantados em campo.	203
Figura 101: Levantamento da oficina lítica.	204
Figura 102: Planta elaborada para representação da oficina lítica.	205
Figura 103: Estação Total instalada no ponto de partida P2.	209
Figura 104: Prisma posicionado no ponto de ré.	209
Figura 105: Foto da depressão da antiga casa indígena.	210
Figura 106: Curvas de nível interpoladas com 1m de equidistância vertical.	211
Figura 107: Curvas de nível interpoladas com 0,5 m (em A) e com 0,25m (em B) de equidistância vertical.	212
Figura 108: Modelo 3D do levantamento das casas indígenas.	213
Figura 109: Rede formada para o levantamento na Ponta do Lessa.	214
Figura 110: Parte da planta topográfica do sítio arqueológico da Ponta do Lessa.	217
Figura 111: Fotografia panorâmica do Sambaqui Cubatão I - Joinville/SC.	218
Figura 112: Erosão no Sambaqui Cubatão I - Joinville/SC.	219
Figura 113: Nuvem de pontos nas cores reais.	220
Figura 114: Nuvem de pontos com intensidade.	220
Figura 115: Fotografia do Sambaqui Cubatão I.	221
Figura 116: Nuvem de pontos da Estação da Memória em Joinville/SC.	222
Figura 117: Modelagem 3D a partir da nuvem de pontos.	222
Figura 118: Documentação Técnica em 2D - Fachada da Estação Ferroviária.	223

Figura 119: Nuvem de pontos da Igreja São Domingos	224
Figura 120: Ortoimagem com vista lateral da Igreja São Domingos	224
Figura 121: Vista posterior da Igreja São Domingos – ortοimagem e vetorização	225
Figura 122: Detalhe do telhado na vista posterior.....	225
Figura 123: Detalhe da base da parede na vista posterior	226
Figura 124: Levantamento planialtimétrico com representação em 2D.	230
Figura 125: Levantamento Planialtimétrico com representação 3D.	231
Figura 126: Levantamento planimétrico de detalhes.	232
Figura 127: Levantamento Planialtimétrico de detalhes	233
Figura 128: Representação de um levantamento 3D.....	234
Figura 129: Extrato da planta topográficas e a planta da oficina lítica.	235
Figura 130: Imóvel com a edificação tombada	250
Figura 131: Situação de chancela de paisagem	251

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valor máximo de tolerância para a precisão no levantamento topográfico.	65
Tabela 2: Valores de densidade de pontos para o levantamento.	66
Tabela 3: O espaçamento entre os pontos levantados em campo para Modelagem de Terreno.	67
Tabela 4: Densidade de pontos para a técnica de Varredura a Laser.	70
Tabela 5: Classificação dos teodolitos conforme NBR13133	96
Tabela 6: Classificação dos Medidores Eletrônicos de Distâncias (MED)	96
Tabela 7: Classificação das Estações Totais.	96
Tabela 8: Classificação dos níveis de acordo com a NBR13133	97
Tabela 9: Tabela de precisão esperada em metros (PPP-IBGE)	128
Tabela 10: Sequência da poligonal fechada com orientação interna	138
Tabela 11: Sequência da poligonal com orientação externa.	139
Tabela 12: Sequência da Poligonal Tipo 2	140
Tabela 13: Sequência da Poligonal Tipo 2	141
Tabela 14: Coordenadas geodésicas e UTM dos pontos da rede.	167
Tabela 15: Precisões dos pontos considerando o ajustamento.	167
Tabela 16: Ocupações dos pontos GNSS da rede de referência	168
Tabela 17: Vetores e as precisões horizontal e vertical	168
Tabela 18: Vetores e os valores de DOP	168
Tabela 19: Coordenadas geodésicas, UTM e precisão dos pontos da rede implantada.	171
Tabela 20: Valores de precisão dos pontos da rede de referência.	171
Tabela 21: Ocupações GNSS	171
Tabela 22: Tempo e precisão dos vetores da rede.	172
Tabela 23: Valores de DOP para os vetores ajustados	172
Tabela 24: Coordenadas geodésicas, UTM e altitude geométrica do ponto IPHAN0	174
Tabela 25: Precisões obtidas para o ponto IPHAN0.	175
Tabela 26: Ocupações dos pontos rastreados	175
Tabela 27: Tabela de vetores formados no ajustamento.	175
Tabela 28: Tabela de DOP dos vetores formados nos rastreios	175
Tabela 29: Coordenadas do Ponto IPHAN 0 ajustadas e sem ajustamento.	176
Tabela 30: Diferenças entre as coordenadas ajustadas e sem ajustamento.	177
Tabela 31: Coordenadas UTM dos pontos de referência medidos via RTK	179
Tabela 32: Valores de RMS para os pontos mensurados via RTK.	179
Tabela 33: Coordenadas e precisão dos pontos coletados com RTK NTRIP	181
Tabela 34: Comparação entre as coordenadas UTM ajustada em rede e as coordenadas por RTK NTRIP.	181
Tabela 35: Coordenadas UTM pelo método PPP e por ajustamento ao SGB.	183
Tabela 36: Desvios encontrados entre o processamento PPP e o ajustamento ao SGB.	183
Tabela 37: Dados de Erros de Fechamento da Poligonal Fechada	187
Tabela 38: Coordenadas UTM da Poligonal Fechada.	187
Tabela 39: Sequência da Poligonal Enquadrada.	189

Tabela 40: Coordenadas UTM e altitude ortométrica dos pontos Poligonal Enquadrada.	191
Tabela 41: Tabela de coordenadas UTM e altitude ortométrica da Poligonal Enquadrada e Poligonal Aberta.	192
Tabela 42: Valores dos desvios comparando a Poligonal Enquadrada e Aberta. ...	192
Tabela 43: Dados de controle de qualidade da poligonal aberta.	194
Tabela 44: Nomenclatura dos pontos utilizados no método de Estação Livre	196
Tabela 45: Desvio padrão dos pontos determinados por Estação Livre	198
Tabela 46: Coordenadas UTM dos Pontos de Estação Livre	199
Tabela 47: Discrepância da coordenada UTM por Estação Livre em relação ao ajustamento de rede via GNSS.	199
Tabela 48: Coordenadas UTM dos pontos de referência – Faz. Bananeiras II.	210
Tabela 49: Coordenadas UTM, geodésicas e altitude geométrica dos pontos da rede ajustada.	214
Tabela 50: Precisões dos pontos ajustados em rede.	214
Tabela 51: Código utilizado para nomear o ponto de referência de acordo com o método.	244

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Resumo dos parâmetros das Poligonais classe P	99
Quadro 2:Resumo das classes de nivelamento.	100
Quadro 3:Resumo das classes de Poligonais planialtimétricas.....	101
Quadro 4: Tabela resumida para as Poligonais de Levantamentos Planialtimétricos Cadastrais	102
Quadro 5:Tabela resumida das Poligonais PRC.....	103
Quadro 6: Classes de poligonais para a aplicação da Poligonal Enquadrada	190
Quadro 7:Resultados do processamento da Poligonal Enquadrada	191
Quadro 8:Desvios lineares e angulares dos pontos da Rede de Referência	197
Quadro 9: Coordenadas UTM dos Pontos de Referência medidos das Estações EL	200
Quadro 10: Desvios da Coordenada UTM dos Pontos de Referência medidos das Estações EL.....	200
Quadro 11:Conceitos a serem utilizados nos levantamentos do PCM.....	236
Quadro 12: Finalidade do levantamento e sistema de referência.....	238
Quadro 13: Método GNSS e prioridade de acordo com a finalidade do levantamento	240
Quadro 14: Aplicação do método de Estação Livre de acordo com a finalidade....	242
Quadro 15: Feição do PCM, tipo e método de levantamento.	245
Quadro 16: Métodos de levantamento planialtimétricos	246
Quadro 17: Métodos de levantamento aplicados ao levantamento de detalhes	247

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.
ART – Anotação de Responsabilidade Técnica
CAD – Desenho Assistido por Computador.
CATNET – Rede GNSS-RTK ativa da Catalunha.
CD – Disco de gravação de mídia.
CNIR – Cadastro Nacional de Imóveis Rurais.
CSCC – Conferência de Serviços de Cadastro Cantonal.
CTM – Cadastro Territorial Multifinalitário.
DGPS – Diferencial GPS.
DOP – Diluição da Precisão (GNSS).
DXF – Formato de dado vetorial.
DWG – Formato de dado vetorial do programa Autocad.
EL – Estação Livre.
FATMA – Fundação do Meio Ambiente (SC).
FCC – Federação Catarinense de Cultura.
PDF- Formato de impressão de documento.
FE – Fator de Escala.
GEOLAB – Laboratório de Geoprocessamento da UDESC.
GLONASS – Sistema Global de Navegação por Satélite (Rússia).
GNSS – Sistema Global de Navegação por Satélite.
GPS – Sistema de Posicionamento Global (USA).
GSM – Sistema global para comunicação móvel.
HDOP – DOP Horizontal.
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis.
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
IFSC – Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.
IMBT – Ponto da RBMC localizado em Imbituba/SC.
INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária.
IP – Endereço na internet.
IPM – Inspetoria de Monumento Nacional, criada em 1933, precursor do IPHAN.
IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional.
IPTU – Imposto Predial e Territorial Urbano.
MAPGEO – Programa computacional de Modelo Geoidal.
MC – Meridiano Central.
MED – Medidores Eletrônicos de Distâncias.
MMQ – Métodos dos Mínimos Quadrados.

NBR – Norma Brasileira da ABNT.
NTRIP – Protocolo na internet para disponibilização dos dados GNSS.
PCH – Pequena Central Hidroelétrica.
PCM – Patrimônio Cultural Material.
P&D – Pesquisa e Desenvolvimento.
PD – Posição Direta da luneta da Estação Total ou teodolito.
PDOP – DOP Posicional
PI – Posição Inversa da luneta da Estação Total ou teodolito.
PPGEC – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFSC.
PPP – Posicionamento por Ponto Preciso.
PTH – Plano Topográfico Horizontal.
PTL – Plano Topográfico Local.
RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema Geodésico Brasileiro.
RBMC-IP – RBMC com correção em tempo real via protocolo NTRIP(RTK).
RINEX – Formato genérico de dados brutos GNSS.
RMS – Desvio médio quadrático (precisão).
RN – Referência de Nível.
RTK – Correção em tempo real para GNSS (*Real time Kinematic*).
SAD 69 – Sistema Geodésico *South American Datum 1969*.
SAPOS – Rede RTK ativa da Alemanha.
SAT – Códigos pontos da rede passiva GNSS do SGB.
SCFLO – Ponto da RBMC localizado em Florianópolis/SC.
SCLA – Ponto da RBMC localizado em Lages/SC.
SGB – Sistema Geodésico Brasileiro.
SGL – Sistema Geodésico Local (INCRA).
SIG – Sistema de Informações Geográficas.
SIRGAS 2000 – Sistema de Referência Geodésico para as Américas.
SPHAN – Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (precursor do IPHAN).
SWISSTOPO – Escritório Federal de Topografia da Suíça.
UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina.
UNESCO – Organização das Nações Unidas para a educação, a ciência e a cultura.
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina.
UTM – Universal Transversa de Mercator.
VDOP – DOP Vertical.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO.....	27
1.1 Estrutura da Pesquisa	27
1.2 Introdução	28
1.3 Patrimônio Cultural.....	30
1.3.1 Sítios Arqueológicos.....	33
1.3.1.1 Caminho das Tropas e Fazendas Históricas	34
1.3.1.2 Estruturas subterrâneas.....	36
1.3.1.3 Sambaquis.....	39
1.3.1.4 Oficina Lítica	40
1.3.2 Edificações Históricas	41
1.3.3 Paisagem Cultural	43
1.3.4 Salvamento de Sítios Arqueológicos e o Levantamento Topográfico.	45
1.4 Áreas de Estudo	47
1.5 Problemática e justificativa	49
1.6 Objetivos.....	54
1.6.1 Objetivo Geral.....	54
1.6.2 Objetivos Específicos.....	54
1.7 Hipótese	55
1.8 Estado da arte.....	55
CAPÍTULO 2 – LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS.....	87
2.1 Legislação do Patrimônio Cultural.....	87
2.1.1 Decreto Lei 25 de 1937	87
2.1.2 Lei 8313 de 1991.....	88
2.1.3 Constituição Federal de 1988.....	88
2.1.4 Portaria 420 de 2010 (IPHAN).....	88
2.1.5 Portaria 230 de 2002 (IPHAN).....	89
2.1.6 Portaria nº127 de 30 de 2009 (IPHAN).....	90
2.2 Legislação da Área de Mensuração.....	90
2.2.1 Portaria nº511 – Ministério das Cidades	90
2.2.2 Estatuto das Cidades – Lei nº10.257/2001	92
2.2.3 Lei nº10.267 de 2001 e Decreto nº4.449 de 2002.....	92
2.3 Normas Técnicas – Levantamentos Topográficos e Geodésicos.....	93
2.3.1 NBR 13133 – Execução de Levantamentos Topográficos	93
2.3.1.1 Apoio geodésico e apoio topográfico	93
2.3.1.2 Levantamento de detalhes, topográfico e topográfico cadastral	94
2.3.1.3 Classificação dos instrumentos	95
2.3.1.4 Tipos de Poligonais	97
2.3.1.5 Classes de Poligonais e nivelamento	98
2.3.2 NBR 14166 – Rede de Referência Cadastral Municipal	104
2.3.3 Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais	107
2.3.3.1 Manual Técnico de Posicionamento.....	108
2.3.4 NBR 14645-1 – Elaboração de “como construído” para edificações.	110

CAPÍTULO 3 – CONCEITOS, FINALIDADES E MÉTODOS DE LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS E GEODÉSICOS	113
3.1 Conceitos	113
3.1.1 Levantamento Topográfico e Geodésico	113
3.1.2 Plano de Referência e <i>Datum</i>	114
3.1.3 Levantamento cadastral e de detalhes	116
3.1.4 Rede de Referência e Ponto de Referência	117
3.1.5 Fator de escala (FE)	119
3.2 Finalidades dos levantamentos topográficos e geodésicos do PCM	122
3.2.1 Finalidade de Agrimensura e Cadastro	122
3.2.2 Finalidade de Modelagem do Relevo	123
3.2.3 Levantamento de Detalhes – 2D e 3D	123
3.2.3.1 Levantamentos Expeditos	124
3.2.3.2 Levantamentos Específicos	124
3.3 Métodos de levantamentos topográficos e geodésicos	124
3.3.1 Técnica GNSS	125
3.3.1.1 Tipo de medição GNSS	125
3.3.1.2 Tipo de processamento GNSS	126
3.3.1.3 Tipo de posicionamento GNSS	127
3.3.2 Método Absoluto de Levantamentos GNSS	127
3.3.2.1 Posicionamento por Ponto Preciso - PPP	127
3.3.3 Métodos Relativos de Levantamento GNSS	129
3.3.3.1 Método Estático	129
3.3.3.2 Método Estático Rápido	130
3.3.3.3 Método Stop and Go	130
3.3.3.4 Método cinemático contínuo	130
3.3.3.5 Método DGPS	131
3.3.3.6 Posicionamento Cinemático em Tempo Real - RTK	131
3.3.3.7 RTK em Rede via NTRIP	132
3.3.3.8 RTK NTRIP	134
3.3.4 Métodos Convencionais de Levantamentos	134
3.3.4.1 Método por Coordenada Polar (Irradiação)	134
3.3.4.2 Método de Coordenadas Retangulares	136
3.3.4.3 Poligonação	137
3.3.4.3.1 Poligonal Fechada – Tipo 1	137
3.3.4.3.2 Poligonal Enquadrada	139
3.3.4.3.3 Poligonal Aberta	141
3.3.4.4 Método de Estação Livre (EL)	143
3.3.4.5 Altimetria e Nivelamento	145
3.3.4.6 Locação/Demarcação	146
3.3.4.7 Métodos convencionais complementares	147
3.3.4.7.1 Método do Alinhamento	148
3.3.4.7.2 Método de Interseção	149
3.3.4.7.3 Método da Trilateração	151
3.3.5 Sensoriamento remoto	152
3.3.5.1 Fotogrametria terrestre (curta distância)	152
3.3.5.2 Varredura a Laser terrestre	156

CAPÍTULO 4 - APLICAÇÕES DE LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS E GEODÉSICOS.....163

4.1	Aplicações com Técnica GNSS	165
4.1.1	Pontos de referência ajustado em rede	166
4.1.2	Ajustamento por dois ou mais pontos de referência	172
4.1.3	Ponto determinado a partir de um ponto de referência	176
4.1.3.1	Método Estático	176
4.1.3.2	Método RTK	177
4.1.3.3	RTK NTRIP	180
4.1.4	Posicionamento por Ponto Preciso – PPP	182
4.2	Métodos convencionais de levantamento	185
4.2.1	Poligonal Fechada	185
4.2.2	Poligonal Enquadrada	188
4.2.3	Poligonal Aberta	192
4.2.4	Método de Estação Livre.	194
4.2.4.1	Identificação dos Pontos de Referências	195
4.2.4.2	Determinação do Fator de Escala (FE)	195
4.2.4.3	Mensuração dos pontos - Aplicação do Método de Estação Livre	196
4.2.4.4	Desvios dos pontos de referência e desvio padrão do ponto EL	197
4.2.4.5	Discrepância entre as coordenadas EL e a coordenadas ajustadas por técnica GNSS	198
4.2.4.6	Exatidão dos pontos de referência medidos a partir do EL e as coordenadas ajustadas por Técnica GNSS	199
4.3	Levantamento Planialtimétrico Sambaqui Perrixil	201
4.3.1	Levantamento oficina lítica	204
4.3.2	Parecer do IPHAN e conclusão	206
4.4	Levantamento Planialtimétrico – Fazenda Bananeiras II em Lages/SC	207
4.5	Sambaqui Ponta do Lessa – Florianópolis	213
4.6	Varredura a Laser	217
4.6.1	Sambaqui Cubatão I	218
4.6.2	Estação da Memória (ferroviária de Joinville)	221
4.6.3	Igreja São Domingos	223

CAPÍTULO 5 - DIRETRIZES PARA O LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO E GEODÉSICO DO PCM.....227

5.1	Conceitos	227
5.1.1	Levantamento Topográfico e Geodésico	227
5.1.2	Levantamento Cadastral	227
5.1.3	Levantamento Planimétrico	227
5.1.4	Levantamento Planialtimétrico	228
5.1.5	Levantamento Altimétrico	228
5.1.6	Levantamento de Detalhes	228
5.1.7	Levantamento Expedido	228
5.1.8	Levantamentos Específicos	228
5.1.9	Plano Topográfico Horizontal - PTH	228
5.1.10	Plano Topográfico Local - PTL	229
5.1.11	Plano UTM	229
5.2	Finalidade dos Levantamentos	229

5.2.1	Agrimensura e cadastro	229
5.2.2	Modelagem do Relevo - Levantamento Planialtimétrico.....	230
5.2.3	Levantamento de Detalhes.....	231
5.2.3.1	Levantamento de Detalhe Planimétrico	231
5.2.3.2	Levantamento de Detalhe Planialtimétrico	232
5.2.3.3	Levantamento de Detalhamento 3D.....	233
5.2.4	Levantamento Expedito.....	234
5.2.5	Levantamentos Específicos	234
5.3	Precisão e resolução	236
5.4	Sistema de Referência e Sistema de Coordenadas.....	238
5.5	Implantação de pontos de referência	239
5.5.1	Técnica GNSS	239
5.5.2	Poligonação	240
5.5.3	Irradiação.....	241
5.5.4	Estação Livre - EL.....	241
5.5.5	Materialização de Pontos de Referência	242
5.5.6	Codificação dos pontos.....	243
5.6	Método de Levantamento e as Feições do PCM.....	244
5.6.1	Levantamento Planialtimétrico 2D e 3D.....	246
5.7	Levantamento de Detalhes.....	247
5.7.1	Detalhes Planimétrico - 2D.....	248
5.7.2	Detalhes Planialtimétrico - 2D e 3D	248
5.7.3	Sensoriamento remoto	248
5.7.3.1	Fotogrametria Terrestre -2D	248
5.7.3.2	Varredura a laser – 2D.....	248
5.7.4	Sensoriamento remoto e o levantamentos de detalhes 3D	249
5.8	Documentação Técnica	249
5.9	Patrimônio, agrimensura e cadastro territorial	250
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....		253
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		257

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO

1.1 Estrutura da Pesquisa

A presente pesquisa está estruturada em seis capítulos, o capítulo 1 e atual, apresenta a estrutura geral da pesquisa, introdução, contextualização do Patrimônio Cultural Material (PCM) e as feições de interesse para os levantamentos topográficos e geodésicos, problemática e justificativas, objetivos, hipótese e o Estado da Arte.

O capítulo 2 apresenta legislações relacionadas ao Patrimônio Cultural Material e à área de mensuração, assim como as normas técnicas de levantamento topográficos e geodésicos.

O capítulo 3 apresenta os métodos de levantamentos topográficos e geodésicos com aplicabilidade ao PCM, bem como relaciona os mesmos com as normas técnicas pesquisada no capítulo 2.

O capítulo 4 apresenta aplicações de levantamentos topográficos e geodésicos em sítios arqueológicos e edificações históricas em nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, assim como aplicações de métodos de levantamento em campos de pesquisa com intuito de testar a eficiência e aplicabilidade. Os métodos que não tiveram aplicações práticas serão explanados através dos parâmetros bibliográficos e a relação com os bens a serem levantados no Brasil.

O capítulo 5 apresenta o principal resultado desta tese, contemplando o objetivo maior do trabalho que são as diretrizes para o levantamento topográfico e geodésico aplicado ao PCM.

Por fim, o sexto e último capítulo apresenta as conclusões e recomendações da pesquisa, e na sequência deste, as referências bibliográficas. A Figura 1 apresenta um fluxograma da estrutura da pesquisa.

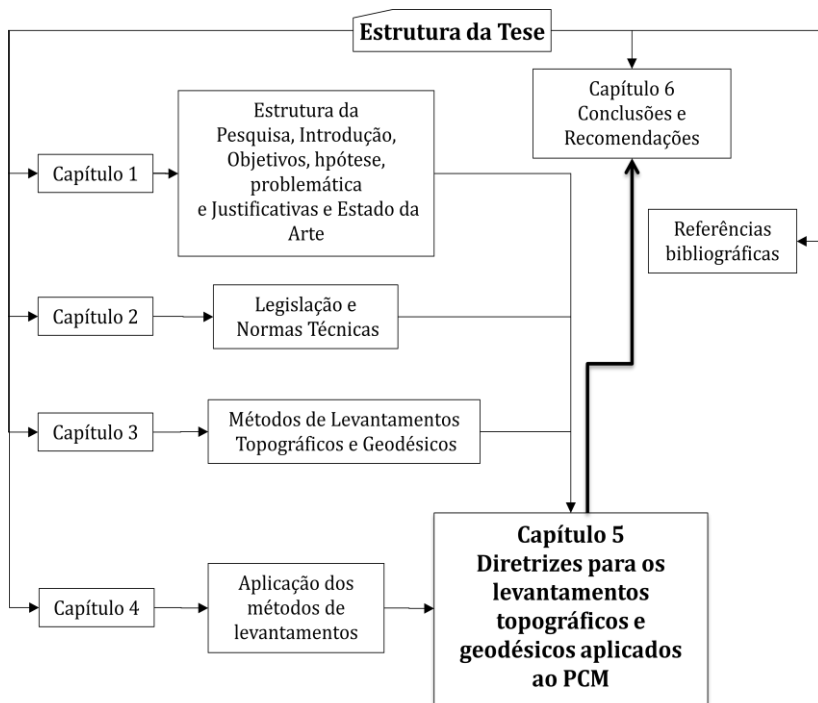


Figura 1: Fluxograma da estrutura da pesquisa

1.2 Introdução

Diariamente são realizadas no Brasil obras de engenharia com o objetivo de melhorar a infraestrutura do país, como exemplo, a produção de energia elétrica, construção de rodovias e ferrovias, duplicação da malha viária existente e a necessidade de manter o crescimento econômico com geração de emprego e renda para a população.

Nesse contexto, um dos quesitos para que as obras sejam executadas é o licenciamento na fase de projetos, geralmente a complexidade da obra está diretamente ligada com a complexidade do estudo a ser realizado, isso também varia de acordo com o tipo de obra e do local de implantação, assim como a área de abrangência.

Os licenciamentos são realizados por órgãos específicos, a questão ambiental pode ser atribuição do IBAMA ou de instituições Estaduais, como a FATMA em Santa Catarina, na questão de preservação do Patrimônio Cultural o IPHAN é a instituição Federal

responsável pelos pareceres e análises dos projetos e verificação dos possíveis impactos a serem causados.

No entanto a realidade das instituições que gerenciam o Patrimônio Cultural está aquém das necessidades e demandas atuais, existe a falta de pessoal capacitado com formação técnica específica e em alguns casos de estrutura física e de informática. Tanto o pessoal quanto a estrutura devem possibilitar análise dos estudos realizados para o licenciamento e consequentemente apresentado os resultados de interesse a sociedade.

Um fato que contribui negativamente com esse cenário é a falta de um padrão normatizado a ser seguido para os estudos voltados aos interesse do Patrimônio Cultural, principalmente na questão dos levantamentos topográficos e geodésicos, pois não possuem uma linha geral de apresentação de resultados e de execução por parte dos técnicos.

Os estudos de preservação do PCM demandam de dados territoriais, cartográficos e geográficos, com a popularização do Sistemas de Informações Geográficas - SIG e com a disponibilização de dados por entidades governamentais, além da abundancia de sensores orbitais para a aquisição de imagens do território, esses estudos passaram a apresentar com maior frequência, mapas e análises do espaço geográfico de dados quantitativos e qualitativos, no entanto são utilizadas geralmente para as análises em macro escala.

Para análises em micro escala os levantamentos topográficos e geodésicos se tornam necessários, pois a riqueza de detalhes, a precisão e a posição geográfica dos dados levantados em campo supera as ferramentas utilizadas em macro escala, no entanto ambas devem ser utilizadas, considerando que cada uma delas tem suas limitações e benefícios.

No licenciamento no âmbito do Patrimônio Cultural Material o diagnóstico dos sítios arqueológicos e remanescentes históricos que apresentem vestígios de ocupação territorial de gerações passadas devem ser apresentados nos projetos, geralmente com a sua localização geográfica em relação ao empreendimento. As feições de interesse a serem mapeadas são: sambaquis, cemitérios, vestígios de povoados extintos, edificações históricas, sítios arqueológicos, assim como a paisagem de entorno desses locais.

Por exemplo, para a construção de usinas hidroelétricas é necessário saber se existem sítios arqueológicos na área que será alagada pelo reservatório, assim como no trajeto das linhas de transmissão de energia ou das estradas que darão acesso ao local. O mesmo ocorre na

construções de rodovias e ferrovias e de qualquer obra civil que irá interferir no território. Além dos sítios arqueológicos que podem ser atingidos é importante estudar e avaliar o impacto que a obra pode gerar na paisagem com as estruturas que serão edificadas.

Outro ponto necessário é a documentação do PCM na questão cartográfica (métrica e posicional), no Brasil existe uma carência na produção de mapas e plantas com técnicas adequadas para o conhecimento desses bens. Essa documentação é de vital importância para a preservação e manutenção das condições físicas e fornece subsídios aos estudos arqueológicos e arquitetônicos.

Para suprir parte dessa demanda os levantamentos topográficos e geodésicos podem auxiliar no dimensionamento e mapeamento do Patrimônio Cultural gerando um rico material com vista à preservação.

Pelos motivos supra citados é que os estudos voltados à arqueologia e preservação do patrimônio histórico e cultural são necessários para o licenciamento de uma obra civil.

A falta de normatização ou de diretrizes específicas traz dificuldades nos processos e morosidade na avaliação dos estudos de licenciamento por parte dos órgão competentes, ademais o material produzido pelos empreendedores geralmente não está preparado para a entrada de dados em um sistema organizado e informatizado, principalmente para a formação de um banco de dados espaciais.

Com intuito de colaborar cientificamente e tecnicamente para a solução dos problemas apontados, a presente tese de doutorado está pautada na proposta de elaborar as diretrizes para os levantamentos topográficos e geodésicos, com a finalidade de mensuração de bens do PCM em micro escala.

1.3 Patrimônio Cultural

Em nível mundial a UNESCO é a entidade que trabalha com a preservação e conservação dos bens considerados Patrimônios Mundiais. Segundo Unesco (2008) o patrimônio é o legado que recebemos do passado, o que vimos no presente e o que transmitiremos para futuras gerações.

O trabalho da UNESCO foi iniciado em 1959 com uma campanha que arrecadou oitenta milhões de dólares para salvar os sítios de Abú Simbel das águas do Rio Nilo quando foi construída a grande barragem de Asuán (UNESCO 2008).

Em 1962 a UNESCO apresentou recomendações para a preservação da beleza e da paisagem cultural. Em 1965 uma conferência

na Casa Branca, Estados Unidos da América, promulgou a criação da Fundação do Patrimônio Mundial com o objetivo de preservação das zonas naturais, paisagísticas e sítios históricos de importância para toda humanidade (UNESCO 2008).

No ano de 1966 a UNESCO realizou uma campanha para salvar Veneza das inundações. Em 1978 se inscrevem os primeiros doze sítios na lista de Patrimônio Mundial. No ano de 1992 completou o vigésimo aniversário da Convenção do Patrimônio Mundial, a criação do Centro do Patrimônio Mundial e da aprovação pelo Comitê do Patrimônio Mundial da categoria paisagens culturais, fazendo com que a Convenção do Patrimônio Mundial, o primeiro instrumento jurídico internacional a reconhecer e proteger paisagens culturais (UNESCO 2008).

Em 2002 para comemorar o trigésimo aniversário da Convenção do Patrimônio Mundial, pela UNESCO, com o apoio do Governo italiano, é organizado em Veneza o Congresso Internacional do Patrimônio Mundial. No mesmo ano o Comitê do Patrimônio Mundial adota a "Declaração de Budapeste sobre o Patrimônio Mundial", convidando todos os membros para apoiar a conservação do Patrimônio Mundial através de objetivos estratégicos identificados como os "quatro C": reforçar a Credibilidade da Lista Patrimônio Mundial; assegurar a Conservação eficaz dos bens do patrimônio mundial, promover a elaboração de medidas eficazes para reforçar as Capacidades e desenvolver a Comunicação para educar o público (UNESCO 2008).

Em 2007 o Comitê do Patrimônio Mundial, em *Christchurch*, Nova Zelândia, acrescenta um quinto "C" (para as Comunidades), reconhecendo que a credibilidade, conservação, capacidade e comunicação estão intimamente relacionados com as comunidades locais (UNESCO 2008).

Nesse breve histórico percebe-se o interesse da UNESCO na preservação do Patrimônio Mundial, no entanto além dos sítios que são abarcados e categorizados como Patrimônio Mundial existem outros que são de importância nacional, estadual, municipal ou local, todo vestígio de civilização passada é de interesse para a preservação da história da humanidade.

Considerando a questão nacional e de acordo com o artigo 24º da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, compete a União, aos Estados e ao Distrito Federal legislar concorrentemente sobre a proteção do patrimônio histórico, cultural, artístico, turístico e paisagístico.

Entretanto, antes da Constituição Federal de 1988 já existiam leis direcionadas as questões patrimoniais. Em 1933 foi criada a Inspetoria

de Monumentos Nacionais (IPM), que era vinculada ao Museu Histórico Nacional, esse foi o primeiro órgão com o objetivo de preservação do patrimônio e foi regulamentado através do Decreto nº 24.735 de 14 de julho de 1934.

A IPM tinha como finalidade principal impedir a retirada de objetos antigos que formam o patrimônio cultural material para comercialização, bem como a manutenção e preservação das edificações monumentais por motivos de reformas urbanas.

Depois do IPM surgiu o Serviço de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (SPHAN), o mesmo foi criado em 1937 e regulamentado pelo Decreto-Lei nº 22.928 de 30 de novembro do mesmo ano.

Atualmente o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN é a instituição responsável pela tarefa de preservação do patrimônio histórico, cultural, artístico e paisagístico na esfera federal. A criação do IPHAN obedece a um princípio legal que está escrito no artigo 216º das Constituição da República Federativa do Brasil, onde diz o seguinte:

“Constituem patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira, nos quais se incluem: I - as formas de expressão; II - os modos de criar, fazer e viver; III - as criações científicas, artísticas e tecnológicas; IV - as obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artístico-culturais; V - os conjuntos urbanos e **sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico.** § 1º O poder público, com a colaboração da comunidade, promoverá e protegerá o patrimônio cultural brasileiro, por meio de inventários, registros, vigilância, tombamento e desapropriação, e de outras formas de acautelamento e preservação. § 2º Cabem à administração pública, na forma da lei, a gestão da documentação governamental e as providências para franquear sua consulta a quantos dela necessitem. § 3º A lei estabelecerá incentivos para a produção e o conhecimento de bens e valores culturais. § 4º Os danos e ameaças ao patrimônio cultural serão punidos, na forma da lei. § 5º Ficam tombados todos os documentos e os sítios detentores de reminiscências históricas dos antigos quilombos.” (grifo nosso)

Dentre os patrimônios citados na legislação existem os materiais e os imateriais. O patrimônio material é caracterizado pelas edificações, sedes de fazendas históricas na área rural, sítios arqueológicos, cemitérios e a paisagem cultural. Os mesmos são de extrema importância para a manutenção e compreensão da história e entendimento do comportamento das civilizações e gerações pretéritas.

O patrimônio imaterial é caracterizado por danças, festas e atividades culturais, podem não estar relacionados com informações físicas e espaciais do território, esse tipo de patrimônio não é abordado no presente trabalho, pois o objeto desta tese é a pesquisa dos métodos e aplicações de dados mensuráveis, passíveis de levantamentos topográficos e geodésicos, a fim de serem cartografados, sendo assim aborda-se as feições que compõem o Patrimônio Cultural Material.

O PCM é composto por um conjunto de bens culturais classificados segundo sua natureza nos quatro Livros do Tombo: arqueológico, paisagístico e etnográfico; histórico; belas artes; e das artes aplicadas. Eles estão divididos em bens imóveis como os núcleos urbanos, sítios arqueológicos e paisagísticos e bens individuais; e móveis como coleções arqueológicas, acervos museológicos, documentais, bibliográficos, arquivísticos, videográficos, fotográficos e cinematográficos. Nos próximos subcapítulos estão apresentados as feições do PCM estudadas nessa tese.

1.3.1 Sítios Arqueológicos

A Arqueologia é a ciência que estuda o passado humano a partir dos vestígios e restos materiais deixados pelos povos que habitaram a Terra. Os sítios arqueológicos são vestígios de civilizações antigas, as formas de ocupação do território e de vida deixaram estruturas que podem ser encontradas até os dias de hoje.

Nos sítios arqueológicos pode-se encontrar desde uma simples moradia até estruturas complexas com locais de alimentação, festas e sepultamentos. Os cemitérios antigos, sambaquis, casas subterrâneas ou até mesmo cidades “enterradas” são os principais exemplos de sítios arqueológicos.

Um exemplo de preservação desse bem patrimonial é o Museu do Sambaqui da Beirada que é a primeira exposição arqueológica ao ar livre de sambaquis no Brasil. Em boas condições de visitação, ele foi registrado em 1995 e abriga três esqueletos indígenas, além de conchas, lâminas de machado, cascas de ostras e restos de cozinha, essa estrutura encontra-se limitada por cercas e está exposta ao público. Os sambaquis de Saquarema são protegidos por lei federal e tombados pelo IPHAN como fonte de conhecimento sobre a cultura do homem pré-histórico brasileiro (Secretaria do Estado da Cultura/RJ, 2014). A figura 2 mostra parte do Museu do Sambaqui da Beirada.



Figura 2: Museu do Sambaqui da Beirada- RJ

Fonte: [http://mapadecultura.rj.gov.br/saquarema/museu-do-sambaqui-da-beirada/#prettyPhoto\[pp_gal\]/8/](http://mapadecultura.rj.gov.br/saquarema/museu-do-sambaqui-da-beirada/#prettyPhoto[pp_gal]/8/)

Em Santa Catarina ocorrem vestígios pré-coloniais de ocupações indígenas, de construções com a arquitetura colonial, os remanescentes do tropeirismo e sítios arqueológicos como os sambaquis localizados no litoral com datas de aproximadamente 5000 anos atrás. Desta forma, o Estado catarinense é rico em material de estudo para o objeto desta tese.

1.3.1.1 Caminho das Tropas e Fazendas Históricas

O Caminho das Tropas, ou Caminho dos Tropeiros são remanescentes históricos caracterizados pela construção de muros de taipas de junta seca ao longo do seu trajeto. Os muros foram construídos durante o ciclo econômico do tropeirismo, sendo utilizado para locomover o gado com fins comerciais.

Existem vestígios do tropeirismo por distintas regiões do Brasil. Santa Catarina é “cortada” na região serrana por um caminho que liga Viamão/RS até Sorocaba/SP. De acordo com Solera (2006), em Sorocaba eram realizadas Feiras de Animais que deram início por volta de 1740, os compradores eram principalmente de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Mato Grosso e também províncias do Nordeste.

Outras regiões de São Paulo também possuem vestígios do tropeirismo. No vale do Paraíba foram mapeados *in loco* os Caminhos

das Tropas, que foram utilizados para comércio e colonização do território (CARPEGEANI; RESENDE FILHO, 2009).

Segundo Perin (2011) na serra catarinense, mais especificamente na localidade conhecida como Coxilha Rica encontram-se possivelmente a maior quantidade e os vestígios mais expressivos do tropeirismo, com as estruturas de taipas ainda preservadas.

O Caminho das Tropas na serra catarinense possui diversas ramificações mostrando a complexidade das relações sociais e econômicas no Ciclo do Tropeirismo (Perin, 2011).

A figura 3 apresenta uma fotografia de parte do Caminho das Tropas na serra catarinense onde é possível visualizar a construção dos muros formando uma espécie de estrada entre eles ao longo dos campos de Lages/SC.



Figura 3: Caminho das Tropas
Foto Ricardo Almeida – acervo IPHAN/SC

No trajeto do Caminho das Tropas, ou nas proximidades do mesmo existem fazendas que ainda estão edificadas e algumas ainda em atividade produtiva rural, essas fazendas davam suporte aos tropeiros que paravam para descansar durante o longo trajeto, além de produzirem localmente produtos agrícolas e principalmente a criação do gado.

As referidas fazendas possuem algumas características interessantes no seu *layout* e construção, a edificação principal (casa)

possui no seu entorno galpões e um conjunto de mangueiras¹ e muros construídos com o mesmo material do Caminho das Tropas (pedras de junta seca), locais esses que serviam para abrigar o gado para o tratamento e manejo e de certa forma, delimitar a área da sede, além de fornecer apoio os tropeiros em viagem com seu gado, que usavam ou alugavam essa estrutura para pousos e descanso.

A figura 4 apresenta a sede de uma fazenda histórica na região de Lages, é possível ver as feições descritas demonstrando uma peculiaridade local.



Figura 4: Fazenda São João – Lages/SC.
Foto de Ricardo Almeida, acervo IHAN.

1.3.1.2 Estruturas subterrâneas

Há séculos o povo *Kaingang* habita a região sul e sudeste do Brasil, a distribuição desse povo se dá de forma dispersa. Na região do planalto sul brasileiro é encontrada uma forma antiga de ocupação que se configuram em casas onde o solo era escavado em forma circular ou oval e uma cobertura elaborada de folhas com amarração em madeira e uma estaca central para a sustentação, assim a estrutura interna construída era protegida das intempéries do clima.

¹ O termo mangueira se refere a estrutura construída para o trato e manejo do gado.

Segundo D'Angelis e Veiga (2003) os registros mais importantes revelam estruturas com tamanhos médios entre dois e três metros de diâmetro, e com profundidade média de dois metros e meio a cinco metros de altura, há casos registrados onde essas casas subterrâneas apresentam de quatro a seis metros de profundidade. A figura 5 apresenta um desenho em corte da estrutura de casa subterrânea.



Figura 5: Corte de uma casa subterrânea recriada a partir de estudos arqueológicos/
Arte: César Mattos.

Existem sítios que apresentam uma única estrutura, no entanto é comum encontrar um conjunto de casas em um mesmo local. Existe também a possibilidade de em um lugar apresentar vestígios de ocupação utilizando a mesma técnica de estrutura, mas com datas distintas, pois as populações indígenas que habitavam esses sítios mudavam de local constantemente.

Uma outra característica são os artefatos que podem ser encontrados no interior e arredores das estruturas que eram utilizados como ferramenta.

Segundo Beber (2004) as casas subterrâneas eram construídas em locais estratégicos e bem definidos como: próximas de topos de morros e nos divisores de água que conformam a rede de drenagem das bacias hidrográficas, raros são os casos de casas construídas em locais com pouca declividade, principalmente para o problema de entrada de água da chuva.

Existem casas que são chamadas semisubterrâneas por possuírem escavações menores, nesses casos existiam paredes de madeira e

vegetação para a proteção do interior das casas. Geralmente essas casas são menores, com diâmetro em torno de três metros.

A figura 6 ilustra a casa subterrânea e a casa semisubterrânea e a figura 7 apresenta uma modelagem de um conjunto de casas subterrâneas.

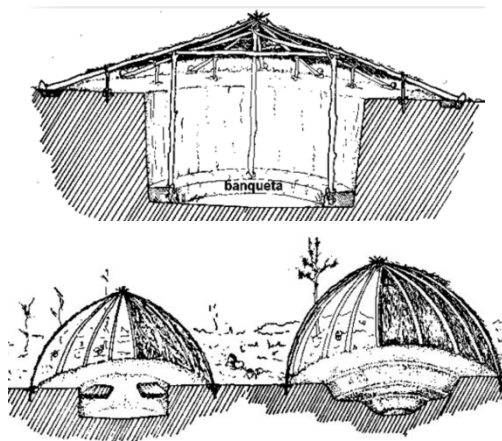


Figura 6: Casas subterrâneas e semisubterrâneas

Fonte: LA SALVIA, Fernando. *A Habitação Subterrânea: Uma Adaptação Ecológica*. In: WIEMER, Nelson S. Günter (org). *A arquitetura no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1983, p. 20-21.



Figura 7: Modelagem das casas subterrâneas.

Arte Cesar Mattos. disponível em

<http://www.itaucultural.org.br/arqueologia/pt/tempo/subterranea/index.html>

O conhecimento do formato, dimensão e localização das casas subterrâneas, bem como o relevo em seu entorno, fornecem subsídios aos estudos arqueológicos. A documentação cartográfica dessas feições são importantes para o registro e conhecimento das civilizações antigas, sobretudo para subsidiar a determinação de áreas de proteção desses sítios.

1.3.1.3 Sambaquis

A palavra sambaqui tem sua origem Tupi e significa “monte de conchas”. Segundo Gernet e Birckolz (2011), os sambaquis são lugares onde populações indígenas acamparam, temporária ou permanentemente, com o intuito de explorar os recursos litorâneos, principalmente os frutos do mar.

Segundo Peixoto (2008) sambaqui é um nome dado ao sítio arqueológico construído por pescadores e coletores que ocuparam a costa brasileira no período pré-colonial. A localização desses sítios é variada e estão distribuídos desde o litoral do Rio Grande do Sul até os Estados da Bahia, Maranhão e Pará.

Geralmente os sambaquis possuem uma elevação de forma arredondada constituída a partir de conchas e ossos de peixes e mamíferos e também são encontrados nesses sítios artefatos em pedra e osso, fogueiras, marcas de estacas e sepultamentos.

O tamanho dos sambaquis é variado podendo chegar a trinta metros de altura e segundo Peixoto (2008) é possível encontrar sambaquis deste porte no Estado de Santa Catarina. A figura 8 apresenta uma fotografia de um sambaqui localizado entre as Praias de Ipoã e Galheta no Farol de Santa Marta, município de Laguna/SC.



Figura 8: Sambaqui localizado entre a Praia de Ipoã e a Praia da Galheta em Laguna/SC. Fonte: Silvia Peixoto (2008)

Os pesquisadores arqueólogos afirmam que a falta de preservação dos sambaquis pode trazer perdas irreversíveis aos conhecimentos da pré-história brasileira.

A Lei Federal 3.924 de 1961, proíbe a destruição e exploração de sítios arqueológicos, segundo Gernet e Birckolz (2011), um problema enfrentado é o desaparecimento acelerado destes sítios, por exploração para os mais variados fins, ocorrem ações de vândalos e a falta de fiscalização favorecem a destruição dos sambaquis remanescentes, a ação das marés também prejudica a permanência e conservação desses sítios, além da ocupação humana nas proximidades ou até mesmo na área dos sítios.

Peixoto (2008) ressalta que os sambaquis de pequeno porte não foram alvo de investigação ao longo da arqueologia brasileira, mas que estes devem ser pesquisados de forma regional, segundo a mesma autora é a partir do final da década de 80 e início da década de 90 o cenário se modificaria surgindo trabalhos que passam a focar e a privilegiar as análises de conjuntos de sítios, buscando entender a articulação das unidades e sua caracterização.

Geralmente os estudos dos sambaquis se caracterizam por estudos descritivos e individuais, sem a preocupação de um entendimento da região onde se encontram e sem a preocupação de análises regionais, onde eventualmente eram estabelecidas tradições e fases para dar conta de mudanças internas ao sítio (Peixoto, 2008).

Nesses casos um levantamento detalhado do local utilizando técnicas e métodos de topografia e geodésia fornece suporte ao entendimento e dando profundidade ao conhecimento em relação aos sambaquis, principalmente no auxílio à sua delimitação física, pois parte dos sambaquis e sítios arqueológicos encontram-se enterrados, sendo necessário um controle apurado das áreas a serem escavadas.

1.3.1.4 Oficina Lítica

As oficinas líticas de polimento são sítios arqueológicos localizados em rochas fixas (suporte), cujas evidências de ação humana são conjuntos de sulcos (amoladores) e depressões circulares (bacias), resultantes da fricção de rochas móveis durante o processo de confecção de artefatos líticos (Herberts et al. 2006). Esses locais são espaços destinados a produção e manutenção de ferramentas.

Esses sítios são encontradas ao longo de algumas praias de Santa Catarina, principalmente nos costões próximos ao mar, entretanto

encontra-se esse mesmo elemento no interior do Estado, principalmente nas proximidades de rios.

A figura 9 apresenta uma rocha na Praia dos Ingleses localizada no município de Florianópolis e mostra as depressões causadas pelo uso de amolar e afiar as ferramentas.



Figura 9: Oficina lítica localizada na Praia dos Ingleses em Florianópolis

Fonte:<http://entretantashistorias.blogspot.com.br/2012/04/pre-historia-catarinense.html>

A localização das oficinas líticas em relação aos demais componentes do sítio arqueológico, bem como as formas e dimensões desse remanescente histórico, é objeto de estudos pelos arqueólogos para o entendimento da vivência da civilização que habitavam os locais onde são encontrados esse tipo de feição.

O levantamento dessas informações geralmente são realizados com desenhos a mão livre e o instrumento de medição utilizado para auxílio é a trena. Isso auxilia na documentação gráfica, no entanto, quando a oficina lítica tem maior complexidade o desenho se torna moroso e impreciso, nesses casos as técnicas de levantamentos topográficos entram como suporte para a coleta de dados e representação cartográfica desses locais.

1.3.2 Edificações Históricas

No momento da sua colonização o Brasil recebeu também uma herança na arquitetura e na forma de construção, os portugueses imprimiram suas técnicas construtivas em diversas partes do Brasil, principalmente no litoral, posteriormente, outros imigrantes vieram

trazendo suas bagagens e deixaram suas marcas na área da arquitetura, principalmente os alemães e os italianos.

As edificações históricas que se conservaram até os dias atuais podem ser encontradas em áreas urbanas das cidades, destacando-se no conjunto das novas construções, geralmente os imóveis nas quais se encontram essas edificações são bem definidos, na maioria das vezes com muros bem construídos de pedras ou alterados pelo tempo, com materiais construtivos contemporâneos.

Também encontra-se edificações históricas na área rural, essas casas compõem as sedes das fazendas. A arquitetura peculiar de cada época apresenta informações importantes para o conhecimento de como se vivia e o comportamento das pessoas.

A arquitetura dos séculos anteriores se destaca em relação a arquitetura atual. A altura de pé direito, as aberturas, a disposição das peças interiores das casas atendiam as necessidades e interesse da época em que foram construídas e utilizadas.

A preservação dessas edificações é de extrema importância para a manutenção do Patrimônio Cultural Material. No crescimento urbano das cidades as edificações históricas foram se perdendo e sendo substituídas por novas construções, uma forma de frear essa perda é o tombamento do bem cultural, esse instrumento é utilizado para a preservação das unidades que sobreviveram ao longo dos tempos.

Contudo, as edificações históricas necessitam de manutenção e em muitos casos de restauração, para isso o levantamento de informações em campo é de vital importância para o conhecimento do local e das características do bem a ser preservado, além do mais, o resgate das informações arquitetônicas também é um item a ser conhecido para que a manutenção não descaracterize a edificação.

Como parte integrante da documentação a ser preservada nas edificações históricas, as dimensões do terreno e da edificação, assim como a sua localização são necessárias, além de desenhos de fachada, cortes e planta baixa, a figura 10 apresenta uma fotografia do Palácio Cruz e Sousa em Florianópolis, o mesmo passa por manutenção, sofre com problemas de umidade e está localizado no centro da cidade de Florianópolis, mas não possui um levantamento com dados georreferenciados ou plantas que apresentem suas dimensões.



Figura 10: Museu Histórico de Santa Catarina localizado no Palácio Cruz e Sousa em Florianópolis

Fonte: http://www.sctur.com.br/florianopolis/museu_historico_cruz_sousa.asp

1.3.3 Paisagem Cultural

Os sítios arqueológicos e edificações históricas são feições com limites definidos ou passíveis de definição em campo e que podem ser estudados isoladamente ou em conjunto com as feições de entorno, mas que possuem uma localização geralmente bem definida.

A localização desses bens (sítios e edificações) em relação as feições vizinhas é importante quando houver a necessidade de uma interação maior com o meio ao seu redor. Preservar uma edificação, um sambaqui, as taipas que formam os caminhos das tropas é uma tarefa difícil, tanto na questão fiscalização, orçamento financeiro e as vezes na extensão do bem patrimonial, mas que por terem seus limites definidos possuem vantagens em relação à locais onde isso não ocorre, como é o caso da paisagem cultural.

A paisagem cultural tem características específicas, pois abrange uma área geralmente maior se comparada com os bens citados anteriormente neste capítulo, nessa paisagem pode haver construções ou sítios arqueológicos, mas podem ter como finalidade a preservação da beleza natural através de espécies de vegetação ou de características locais específicas que pouco são encontradas em outras parte.

Um conjunto de edificações históricas agrupados em uma região pode ser de interesse de preservação de um todo que compõe um paisagem peculiar e de interesse à preservação, neste caso não só as edificações serão preservadas, mas sim o conjunto, como: morros,

montanhas, vegetação entre outros recursos naturais que compõe a paisagem.

A preservação da paisagem cultural se torna viável se os limites de preservação são conhecidos, mesmo abrangendo áreas extensas é possível mensurar as coordenadas de limites com a finalidade de monitorar esse bem patrimonial.

Técnicas de sensoriamento remoto por satélite ou aeronave e os dados organizados em um SIG podem ajudar na gestão da paisagem cultural, mas a definição precisa e demarcação em campo dos limites devem ser realizados através das técnicas de levantamento topográfico e geodésico.

A figura 11 apresenta um fotografia na região da Coxilha Rica em Santa Catarina, é possível ver o Caminho das Tropas “cortando” o terreno, nessa mesma região parte da paisagem está sendo descaracterizadas pela silvicultura, mostrando que um novo ciclo econômico que começa se instalar na região, por esse motivo o local deve ser estudado para preservar os pontos mais importantes da paisagem.



Figura 11: Paisagem na serra catarinense com um corredor de taipas da região do Escurinho Lages/SC

1.3.4 Salvamento de Sítios Arqueológicos e o Levantamento Topográfico.

Quando um sítio arqueológico tem a necessidade de ser destruído, o mesmo deve ser pesquisado e estudado para a catalogação das estruturas, esse processo é chamado de salvamento, que consiste na sua escavação e o mapeamento tridimensional.

No momento das escavação os arqueólogos fazem a catalogação de todos os dados e informações encontradas em campo através de planilhas e desenhos. A distribuição das estruturas e materiais encontrados e as informações de distâncias e profundidade em relação à uma referência de nível são importantes para esse tipo de estudo.

O início do trabalho é construir uma espécie de gabarito de obras civil utilizado em construção de casas e edifícios que tem como finalidade a referência de nível e auxiliam na localização das estruturas a serem edificadas, posteriormente esse gabarito passa a ter uma malha quadrangular que orientam as anotações dos dados e dos desenhos que serão elaborados de acordo com as peças encontradas no sítio com a finalidade de representar espacialmente todas as estruturas estudadas.

Esse processo pode ter o auxílio das técnicas de levantamento topográfico, primeiro se já existir um levantamento do local o mesmo pode ser utilizado pelos arqueólogos para definirem onde será a área de escavação e dentro dessa área será definida com o gabarito e a malha retangular.

Depois de demarcar a malha em campo, pode-se realizar o levantamento topográfico para auxiliar na coleta de dados planialtimétricos que poderão ser exportados para um programa de computador para serem desenhadas as camadas do sítio arqueológico e posteriormente representar tridimensionalmente o mesmo.

Nesse caso um profissional de agrimensura deve estar a disposição da equipe de arqueologia, pois a todo instante se encontram objetos que necessitam de coordenadas planialtimétricas.

Além do salvamento a malha retangular também é utilizada para se conhecer os limites do sítio arqueológico, nesse caso a malha serve de apoio para as sondagens e posteriormente a delimitação do sítio arqueológico.

Através de levantamento topográfico planialtimétrico pode se determinar a área de abrangência do trabalho de campo e a definição da localização da malha que deverá ser demarcada em campo.

Com a malha demarcada os arqueólogos realizam as sondagens e com o material encontrado podem definir o limite do sítio arqueológico, Com as técnicas de levantamento topográfico é possível determinar

esses limites ao término das escavações e nesse caso o limite do sítio passa a ter coordenadas definidas, consequentemente se conhecerá a área, a forma, assim como representar o local em uma planta topográfica.

A figura 12 apresenta uma malha retangular para os estudos arqueológicos de escavação e a figura 13 um sambaqui escavado para a catalogação das informações técnicas.



Figura 12: Malha retangular para os estudos arqueológicos



Figura 13: Escavação de um sambaqui
Fonte: Silvia Alves Peixoto (2008)

1.4 Áreas de Estudo

Para que fosse possível pesquisar, mensurar e estudar as feições de interesse ao Patrimônio Cultural Material se fez necessário o estudo em quatro locais no Estado de Santa Catarina e um no Rio Grande do Sul. Em Santa Catarina, o primeiro local foi na serra catarinense na área rural no municípios de Lages, onde foi realizado um levantamento planialtimétrico de um sítio arqueológico das casas subterrâneas ocupadas no passado por indígenas que habitavam a região.

O segundo local foi Laguna, localizado no litoral sul de Santa Catarina, em uma comunidade chamada Perrixil, onde foi realizado um levantamento topográfico e geodésico planialtimétrico de detalhes de um sítio arqueológico, com ocupação humana e diversos elementos que compunham o entorno, com o objetivo de subsidiar o IPHAN em futuros estudos, bem como fornecer dados para os resultados desse trabalho.

No município de Florianópolis, foi realizado um levantamento topográfico e geodésico e apoio à delimitação de um sítio arqueológico localizado na baía norte da Ilha de Santa Catarina.

Na região de Joinville/SC foram utilizados dados de duas aplicações por levantamentos por varredura a laser e em Torres/RS foi usado dados do levantamento de uma igreja em restauração. Esse dados foram cedidos pela empresa Vector Geo4D sediada em Joinville. A figura 14 apresenta os municípios em destaque.

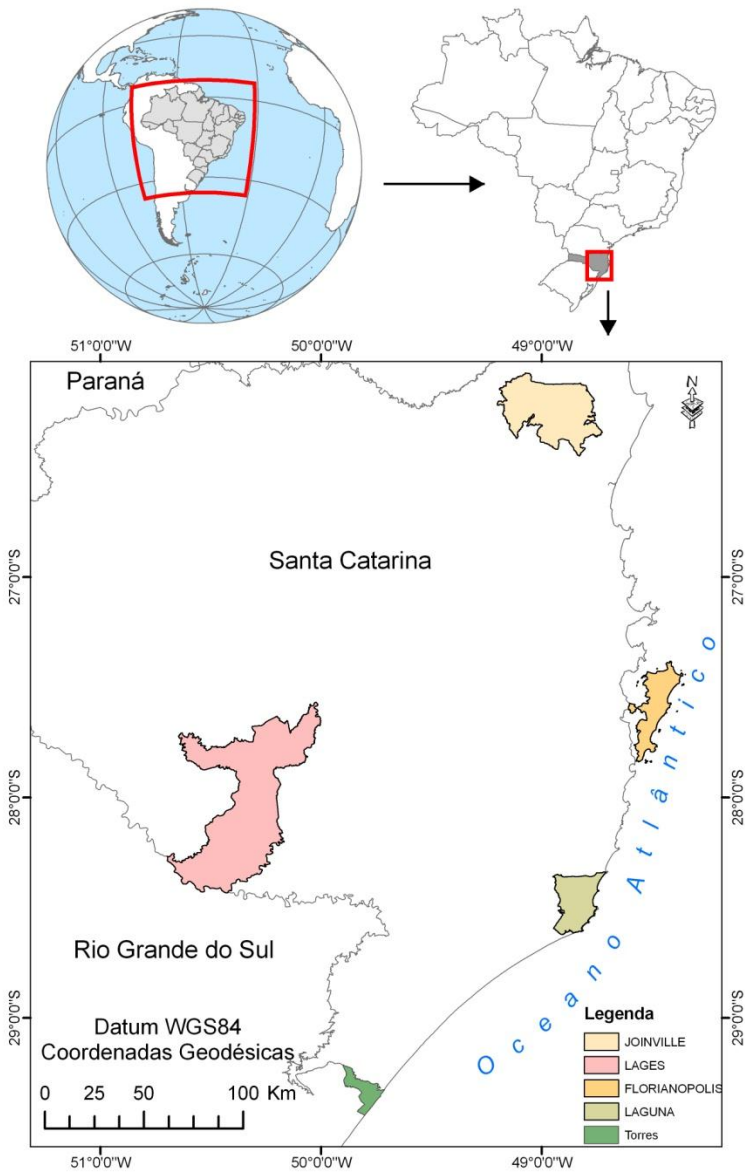


Figura 14: Mapa das áreas de estudo

1.5 Problemática e justificativa

Em meados do ano de 2008 o IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico Artístico Nacional através da superintendência do Estado de Santa Catarina buscava pesquisas relacionadas ao gerenciamento e utilização de dados cartográficos com objetivo de solucionar impasses de licenciamento de obras de PCHs – Pequenas Centrais Hidrelétricas na serra catarinense

Por esse motivo o IPHAN buscou as universidades para uma parceria e elaboração de um projeto de pesquisa para subsidiar as ações do órgão, desta maneira. Em um contato junto à UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina, foi discutido através de encontros periódicos, entre professores, alunos e técnicos do IPHAN, durante um ano, os objetivos e necessidades para o desenvolvimento do projeto e especificações das atividades técnicas.

Em um primeiro momento buscou-se alternativa para fomentar um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) juntamente com as empresas que tinham a concessão das PCHs na serra catarinense, mas na ocasião o projeto não foi submetido para um P&D da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL por falta de interesse da empresa que estava em processo de licenciamento das PCHs, no entanto o projeto de pesquisa foi fomentado pelo próprio IPHAN que planejou os valores financeiros no orçamento da instituição durante o ano de 2009 para que o projeto desse início em 2010.

No início do ano de 2010, o IPHAN formalizou um convênio com a UDESC, através do GEOLAB – Laboratório de Geoprocessamento, com o objetivo de executar as atividades do projeto de pesquisa voltado ao mapeamento dos remanescentes históricos da região do Planalto Sul Catarinense, mais especificamente os elementos materiais associados aos Caminhos das Tropas. O projeto de pesquisa teve início das atividades no mês de abril do ano de 2010 e foi finalizado em dezembro de 2012.

O orientador desta tese foi o coordenador do projeto representando a UDESC e o autor desta tese foi coordenador do projeto. Essa experiência forneceu bagagem e conhecimento para o desenvolvimento deste trabalho. Participaram deste projeto de pesquisa alunos de graduação do curso de geografia de UDESC, mestrado da UDESC e UFSC e doutorado da UFSC.

Esse projeto foi o motivador inicial para o desenvolvimento da tese de doutorado, pois durante a execução percebeu-se a carência relatada pelos técnicos do IPHAN de dados topográficos, geodésicos e cartográficos, bem como uma normatização para a coleta e

representação dos mesmos. Algumas publicações foram fruto desse projeto como: Beirão (2011), Perin (2011) e Oliveira (2012)

Como descrito na introdução deste trabalho, no capítulo 1.2, existe uma carência de material cartográfico e de normatização técnica para o desenvolvimentos dos trabalho de topografia, geodésia e representação cartográfica através das plantas e mapas, fato que se reflete no material apresentado nos licenciamentos e parecer técnico aos órgãos governamentais. Essa carência gera morosidade nas respostas que as instituições devem fornecer aos empreendedores e as vezes ao Ministério Público a respeito dos assuntos pertinentes às suas atribuições através de pareceres e relatórios técnicos.

Além do que a falta do conhecimento do território gera uma consequência negativa, pois faz com o Patrimônio Cultural Material deixe de ser conhecido e preservado de forma adequada, e em alguns casos o bem patrimonial fica perdido por causa da destruição.

Outro exemplo importante são as edificações históricas que demandam de restauração e manutenção, mas por vezes encontram-se em péssimo estado de conservação. O conhecimento detalhado dessas edificações pode auxiliar no processo de restauração, pois é possível quantificar e qualificar as atividades a serem realizadas.

A figura 15 apresenta um patologia na edificação da casa sede da Fazenda Cajuru (localizada na serra catarinense) através de um levantamento por varredura a laser. Essa edificação está em processo de tombamento e restauração. A figura 16 apresenta um problema no beiral da fachada da mesma edificação onde a estrutura sofreu uma rachadura e as telhas e madeiramento do telhado ficaram desalinhados.

A edificação sede da Fazenda Cajuru será restaurada e até o momento do levantamento que originou as figuras citadas no parágrafo anterior não existia uma planta produzida através de técnicas precisas e adequadas para o projeto. O IPHAN possui uma planta produzida por um levantamento expedito que pode ser visualizado na figura 17.

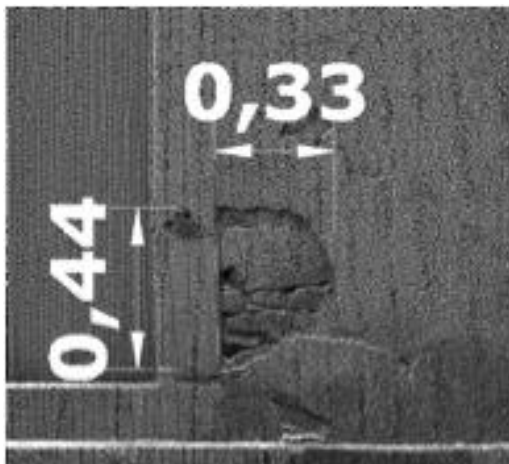


Figura 15: Patologia encontrada em uma edificação histórica através de levantamento a varredura a laser.

Fonte: Carla Castello Branco Beirão

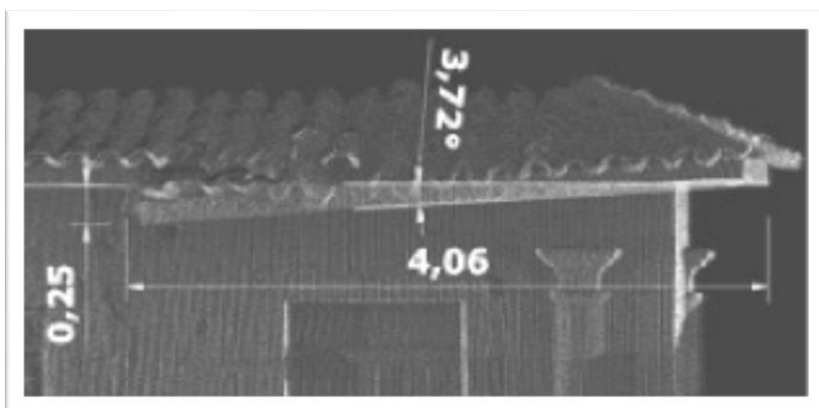


Figura 16: Beiral da fachada da edificação histórica através de levantamento a varredura a laser.

Fonte: Carla Castello Branco Beirão

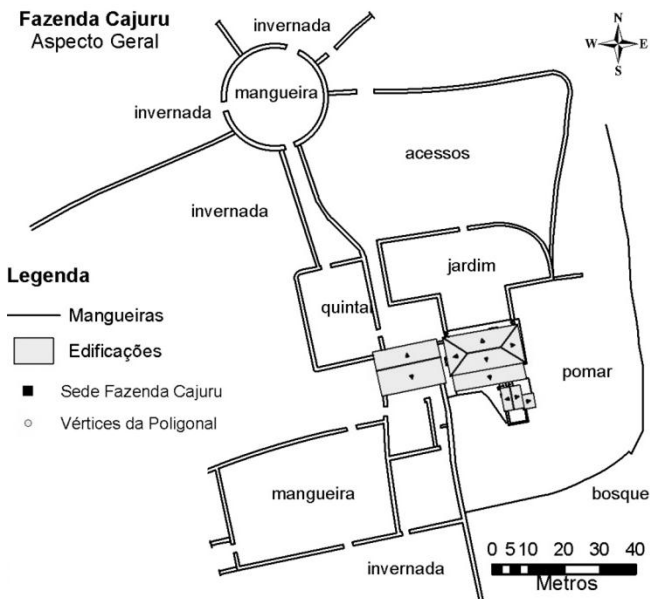


Figura 17: Planta da Fazenda Cajuru
Fonte: IPHAN/SC

Além da necessidade de restauração a Fazenda Cajuru terá uma área de entorno para preservação da paisagem e toda a área será tombada como Patrimônio Cultural. Sendo assim, a partir da localização sede da fazenda deverá ser determinada uma área de proteção no entorno onde as intervenções serão restritivas.

Segundo o IPHAN/SC, a planta apresentada na figura 17 teve um complemento através de um polígono de proteção para o tombamento, no entanto sem os dados do relevo e características que cercam a edificação o polígono foi traçado com menos critério técnico, nesse caso um levantamento detalhado em campo poderia fornecer subsídio para a definição das coordenadas da área de tombamento. A figura 18 mostra a planta e o polígono de tombamento com as coordenadas UTM.

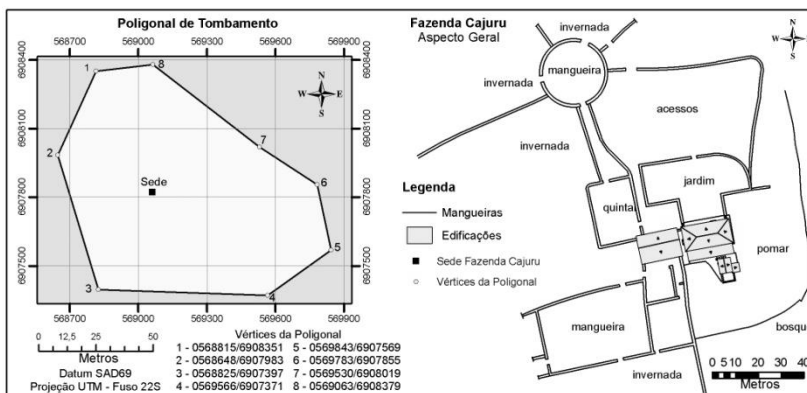


Figura 18: Planta da Fazenda Cajuru e o polígono de tombamento

Em Santa Catarina existem oitenta e seis edificações tombadas como patrimônio históricos² pelo IPHAN, parte desses bens devem passar por restauração ou reformas.

Em 2014 foram iniciados serviços de arqueologia no Estado de Santa Catarina e a superintendência do IPHAN o especificou na Tomada de Preço n.07/2013, com número de processo 01510.0002464/2013-96. Segundo o item 2 do referido documento os serviços de levantamento topográficos devem ser realizados da seguinte maneira: “2. Levantamento topográfico georreferenciado dos sítios arqueológicos: São João do Rio Vermelho e Aldeia Fulvio Aducci, em Florianópolis, Sambaqui do Perrixil e remanescentes do Fortim do Atalaia, em Laguna, de acordo com a NBR 13.133 e Norma Técnica para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais (INCRA).

Esse recente exemplo mostra a falta de detalhes na informação a ser levantada, por exemplo, Qual a projeção cartográfica? Poderá ser utilizado o Plano Topográfico Local como prevê a terceira edição da norma técnica do INCRA ou será no Plano UTM? O *Datum* supõe-se que seja o SIRGAS 2000 porque o processo de transição do SAD69 para o atual referencial está em seu término e é o mesmo referencial adotado pelo INCRA.

A NBR 13133 que trata da execução dos levantamentos topográficos prevê a implantação de poligonais e nivelamentos e nessa norma não estão contemplados todos os métodos de levantamento, além

² Disponível no site <http://iphansc.blogspot.com.br/p/tombamento.html>, acessado dia 23/03/2014.

do mais os sítios arqueológicos podem possuir formas e tamanhos que os parâmetros da norma não atendam. Esse caso corrobora com a justificativa desta pesquisa.

A estrutura governamental brasileira em todas as esferas deve estar preparada para administrar o PCM e gerenciar um banco de dados territoriais a fim de documentar os bens, dessa forma o conhecimento é disseminado e esses locais passam a ser preservados, pois a divulgação pode ajudar o cidadão a se tornar um fiscal.

O fato do Brasil não possuir tradição em cartografia e cadastro territorial e dos governos não adotarem sistemas de planejamento em longo prazo tornou o mapeamento dos remanescentes históricos e bens patrimoniais sem efetividade, ou seja, carentes de dados topográficos e geodésicos e consequentemente carentes de normas técnicas e de um padrão para os trabalhos de levantamento.

Levantadas as problemáticas atuais de falta de um padrão na contratação dos serviços de levantamentos topográficos e geodésicos com a finalidade de preservação do PCM a justificativa do trabalho é sustentada pela solução dos problemas apontados neste capítulo, tendo como proposta da pesquisa a elaboração das diretrizes para o levantamento de dados topográficos e geodésicos aplicados ao Patrimônio Cultural Material.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo Geral

Elaborar proposta das diretrizes para os levantamentos topográficos e geodésicos voltado aos interesse do Patrimônio Cultural Material.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a legislação e as normas técnicas brasileiras na área de mensuração para adequação às feições do Patrimônio Cultural Material;
- Pesquisar métodos de levantamentos topográficos e geodésicos voltados a necessidade do Patrimônio Cultural Material;
- Realizar levantamentos em campo a fim de verificar e validar os métodos pesquisados;

- Elaborar as Diretrizes para os levantamentos topográficos e geodésicos com fins de documentação, geração de material técnico e proteção ao Patrimônio Cultural Material.

1.7 Hipótese

Os objetivos da pesquisa pode ser sintetizado na seguinte hipótese:

A pesquisa teórica e a aplicação dos métodos de levantamentos topográficos e geodésicos fornecerão subsídios técnicos e científicos para a elaboração das diretrizes propostas?

1.8 Estado da arte

Foram pesquisados materiais bibliográficos, principalmente de experiências internacionais, com objetivo de encontrar modelos e exemplos de mensuração aplicados ao PCM através de dados científicos e técnicos.

Países como a Inglaterra, Alemanha e Suíça possuem tradição na área da mensuração, com normas técnicas definidas e consolidadas para a orientação dos levantamentos topográficos e geodésicos. Geralmente essas normas englobam todo o território do país ou dos Estados e na maioria dos casos o PCM é uma característica a mais entre os demais detalhes a serem mensurados.

Os levantamentos topográficos e geodésicos aplicados ao Patrimônio Cultural Material não são recentes. Nos relatórios da *Wild* (*Wild Reporter*) desde as edições antigas é possível encontrar aplicações de mensuração na área do PCM. A *Wild* foi uma marca suíça tradicional de equipamentos da área da mensuração, posteriormente teve uma fusão com a empresa Kern e foi criada a empresa Leica, atualmente conhecida mundialmente.

O Relatório Wild n.2 de 1969 apresenta uma aplicação do equipamento topográfico nível marca Wild modelo T1A, em levantamento taqueométrico de escavações de um sítio arqueológico em uma antiga vila grega de Eretria, localizada na Grécia Central, A figura 19 apresenta a fotografia do levantamento taqueométrico, é possível ver a esquerda o agrimensor operando o equipamento e a direita a mira para a leitura dos fios estadimétricos. A figura 20 mostra a planta produzida como resultado do trabalho de campo.



Figura 19: Levantamento taqueométrico em um sítio arqueológico na Grécia
Fonte: Wild Reporter (1969)

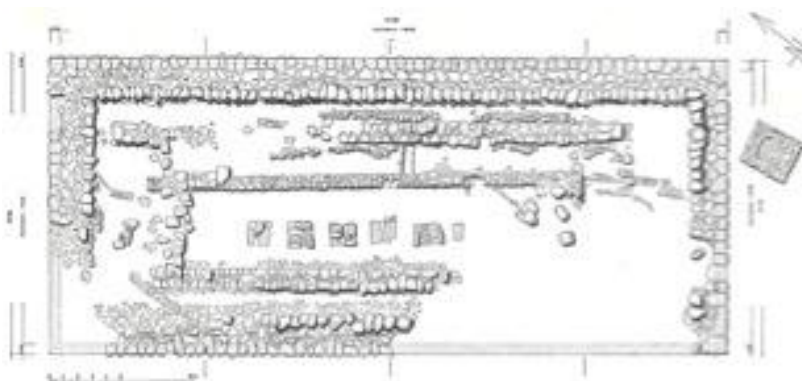


Figura 20: Planta do levantamento taqueométrico realizado em um sítio
arqueológico na Grécia
Fonte: Wild Reporter (1969)

No Relatório da Wild de número 11 do ano de 1977 o destaque é para a aplicação da Fotogrametria em um levantamento realizado na Cordilheira de Pamir, Afeganistão, pela localização de confrontação ao norte com a antiga União Soviética, a leste com a China e ao sul como Paquistão, Por ter difícil acesso na região montanhosa o trabalho teve dois objetivos, o primeiro mensurar as feições de interesse e o segundo testar a robustez dos equipamentos.

Nos casos de locais mais extensos foram utilizados as cartas topográficas na escala 1:25.000 e 1:50.000 e imagens do satélite ERTS/LANDSAT 1. No entanto a equipe recorreu para o levantamento utilizando a Fotogrametria Terrestre. Eram necessários equipamentos robustos, resistentes a pó, calor e transpiração durante o transporte com animais ou nas costas de carregadores, por outro lados os instrumentos deveriam ser leves, além da necessidade de combinar a área a ser mensurada, existiam áreas com grandes altitudes e desníveis, área menos extensas (alguns metros) e áreas com quilômetros de extensão.

Para o levantamento fotogramétrico foram utilizadas três câmeras terrestres Wild P32, duas delas com o nível Wild T2 e uma delas com o nível T1A. Foram levantados os glaciares, vales e montanhas, além de sítios arqueológicos e inscrição rupestres.

A figura 21 mostra uma fotografia de um sítio arqueológico da localidade chamada Ptukh, uma dos locais com maior altitude (3300 m) que foram habitados no vale de Wakhan/Afganistão.



Figura 21: Sítio arqueológico no Paquistão
Fonte: Wild Reporter (1977)

No Relatório Wild de número 20 de 1982 foi apresentado medições de escavações arqueológicas na antiga Pergamon na Turquia, no início do trabalho de mensuração foi produzida uma malha de 100m por levantamento taqueométrico, em 1972 esse sítio arqueológico foi

redesenhado e levantado por método de irradiação, mas no futuro a precisão do trabalho não foi suficiente e no início de 1981 foi realizado uma levantamento para densificar os pontos de campo com maior precisão.

As condições de vegetação e clima fizeram com que a equipe de trabalho buscase um equipamento mais moderno, nesse caso foi utilizado um Teodolito Universal T2 com distanciômetro eletrônico modelo DI4 ambos equipamentos da marca Wild.

Foram realizadas poligonais fechadas com centragem forçada e aplicado o método de Estação Livre. O erro de fechamento encontrado foi de 14mm com um máximo de 16 pontos na poligonal. A figura 22 mostra o levantamento em campo com o equipamento teodolito com o distanciômetro instalado de baixo de um guarda sol.



Figura 22: Teodolito e distanciômetro em um levantamento na Turquia
Fonte: Wild Reporter (1982)

Os Relatórios da Wild (*Wild Reporter*) passaram a se chamar Relatórios da Leica (*Leica Reporter*) depois da criação da empresa, e no Relatório Leica número 35 do ano de 1996 a capa do mesmo apresenta uma Estação Total instalada na ruína da igreja de Frauenkirche em Dresde na Alemanha (Figura 23).

A reconstrução da igreja, do ponto de vista histórico e cultural constituiu um acontecimento de primeira ordem para a arqueologia. No ano de 1945 a igreja de Frauenkirche sofreu bombardeios e sua estrutura não pôde suportar a força dessas bombas, uma das principais igrejas protestantes barrocas da Europa, construída entre 1726 e 1743 parecia perdida para sempre. Os escombros da igreja podem ser vistos na figura 24.

Durante a república democrática da Alemanha as autoridades optaram por deixar as ruínas com intuito de servir de recordação do acontecido. Em novembro de 1991, um ano depois da reunificação da Alemanha, deu-se o início ao trabalho de mapeamento dos escombros da área.

Os trabalhos seguiram os seguintes passos: a) levantamento fotográfico digital; b) Determinação de pontos de controle e levantamento topográfico das peças visíveis; c) levantamento fotogramétrico com de peças abaladas, muros especialmente em locais dentro da igreja e d) criação e atualização de um banco de dados para a gestão de todo trabalho.



Figura 23: Capa do Relatório Leica n.35 com o equipamento topográfico instalado nas ruínas da igreja na Alemanha.

Fonte: Leica Reporter (1996)



Figura 24: Escombros da igreja na Alemanha.

Fonte: Leica Reporter (1996)

Atualmente na Suíça, o Escritório Federal de Topografia SWISSTOPO é o responsável pelos trabalhos na área de mensuração oficial. A SWISSTOPO publica seus relatórios e os procedimentos que devem ser tomados em campo e os disponibiliza na página da internet www.swisstopo.ch. Entre as publicações oficiais da instituição existem documentos que apontam para as aplicação ao PCM.

A Suíça é um país tradicional na área de mensuração e cartografia. Mapas suíços de castelos são comercializados via internet, os mesmos são produzidos em pequena escala em uma visão macro da localização do bem patrimonial. A figura 25 apresenta a capa do mapa e parte do mesmo com os pontos que simbolizam o posicionamento dos castelos.

A figura 26 apresenta a capa e parte do mapa de bens culturais e a figura 27 mostra o mapa do relacionado ao Monte Everest, local com proteção ambiental.

Segundo CSCC (2006) os monumentos podem ser detectados como uma superfície ou objeto, com elementos lineares ou como símbolos (pontos).

As feições que compõe os monumentos estão no mesmo documento que mostrar o grau de detalhamento de demais feições como: muros, residências, prédios, canais, corpos d'água e entre eles feições, corroborando com a afirmativa de que os países com tradição na área de mensuração possuem regras para o mapeamento de todo território.

A figura 28 apresenta um monumento, destaque para a diferenciação na representação 2D e 3D.



Figura 28: Representação 2D e 3D de monumento na documentação de grau de detalhamento das medições oficiais da Suíça

Fonte: CSCC (2006)

As figuras 29 e 30 mostram fotografias e desenhos da ruína com parte de edificações, muros e passagens de locais antigamente ocupados e a figura 31 mostra um monumento em crucifixo.

Esempio 1



Esempio 2

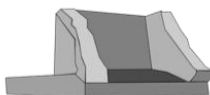


Figura 29: Representação 2D e 3D de remanescentes arqueológicos na documentação de grau de detalhamento das medições oficiais da Suíça
Fonte: CSCC (2006)

Esempio 1

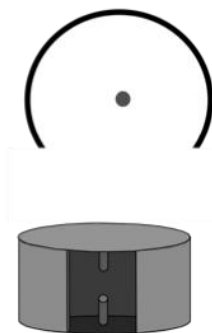


Figura 30: Representação 2D e 3D de gruta e entrada de caverna documentação de grau de detalhamento das medições oficiais da Suíça
Fonte: CSCC (2006)



Figura 31: Representação 2D e 3D de crucifixo e estátuas na documentação de grau de detalhamento das medições oficiais da Suíça
Fonte: CSCC (2006)

Na Inglaterra Bryan et al. (2009) publicaram as Especificações Métricas para as medições do Patrimônio Cultural (*Metric Survey Specifications for Cultural Heritage*) essa publicação apresenta os parâmetros que devem ser utilizados nos levantamentos, relacionando a escalas de representação com precisão para cada método de mensuração.

Os métodos de levantamento abordados por Bryan et al. (2009) são: Medições por levantamento topográfico planimétrico e planialtimétrico, mensuração de edificações históricas, técnicas de Varredura a Laser e levantamentos por imagens, ortofotos e Fotogrametria. A tabela 1 apresenta os valores de tolerância para o cálculos das precisões para os levantamento de detalhes aplicados ao Patrimônio Cultural.

Tabela 1: Valor máximo de tolerância para a precisão no levantamento topográfico.
(fonte: Traduzido de Bryan et al., 2009)

Escala	Precisão aceitável
1:10	± 5mm
1:20	±6mm
1:50	±15mm
1:100	±30mm
1:200	±60mm
1:500	±150mm

A indicação de Bryan et al. (2009) é que 68% de uma amostra deve estar dentro das tolerâncias indicadas e não menos de 90% deve ser 1,65 vezes dentro dessas tolerâncias.

Além das tolerâncias são apresentados os valores de densidades de pontos para a coleta de dados de acordo com as técnicas. A tabela 2 mostra os valores e as colunas separadas em dois casos, densidade para nuvens de pontos e Fotogrametria Terrestre e outro para medições com Estações Totais e técnica GNSS.

Tabela 2: Valores de densidade de pontos para o levantamento.
(fonte: traduzido de Bryan et al., 2009)

Escala	Nuvem de pontos	Medições com Estação Total ou GNSS
1:10	1mm	2-30mm (max. 0,5m)
1:20	3mm	5-60mm (max. 1m)
1:50	5mm	10-100mm (max. 2m)
1:100	15mm	20-200mm (max. 3m)
1:200	30mm	50 a 600mm (max. 5m)
1:500	75mm	0,1 a 1,5m (max. 10m)

Para as técnicas de Fotogrametria Terrestre e Varredura a Laser (nuvens de pontos) o maior valor em cada intervalo representa o máximo permitido e para os medidores eletrônicos de distância e posicionamento por satélite (técnica GNSS) onde as linhas são retas ou os detalhes são escassos o intervalo de densidade pode ser utilizado os valores em parênteses.

De acordo com as tabelas gerais de precisão e de densidade de pontos Bryan et al. (2009) relacionam os métodos com as escala e consequentemente com as precisões. Para medições de edificações as escalas variam de 1:20 até 1:100, dependendo do detalhe a ser mensurado, considerando área interna e externa, relacionando arquitetura do Patrimônio Cultural.

Para os levantamentos topográficos planimétricos das paisagens naturais ou artificiais, as escalas são: 1:200 e 1:500. Para o levantamento planialtimétrico as escalas e espaçamento entre os pontos para a geração do Modelo Digital de Terreno estão definidas na tabela 3. Na primeira coluna está apresentada a escala de representação, na coluna do meio o espaçamento entre os pontos em campo e na terceira coluna a distância dos mesmos em planta.

Tabela 3: O espaçamento entre os pontos levantados em campo para Modelagem de Terreno.

(fonte: traduzido de Bryan et al., 2009)

Escala	Distância no terreno	Distância no mapa
1:100	5m	50mm
1:200	10m	50mm
1:500	10m	20mm

Para ilustrar as medições exigidas nessa literatura, a figura 32 apresenta a planta de um levantamento planimétrico com pontos cotados de um museu, os pontos de referência podem ser visualizados com triângulos e quadrados, além de distâncias e dos pontos cotados simbolizados com cruz.



Figura 34: Extrato de uma planta de levantamento planialtimétrico e detalhes.

Para o levantamento por Varredura a Laser a tabela 4 apresenta os valores de densidade de pontos em relação a escala, assim como as precisões. A primeira coluna apresenta a escala a segunda coluna a densidade dos pontos (da nuvem de pontos) e a terceira a precisão. Dependendo do bem a ser levantado pode não ser necessária a utilização de alta resolução ou de maior densidade de pontos, o que pode gerar um ganho no custo do levantamento de campo e do processamento de dados.

Tabela 4: Densidade de pontos para a técnica de Varredura a Laser.
(Fonte: traduzido de Bryan et al.,2009)

Escala	Densidades de pontos efetiva	Precisão na mensuração
1:10	1mm	± 1mm
1:20	2,5mm	± 2,5mm
1:50	5mm	± 5mm
1:100	15mm	± 15mm

Nos levantamentos realizados por Fotogrametria as especificações seguem os mesmos padrões dos demais relacionando a precisão com a escala do produto. Para o uso de imagens digitais o tamanho do pixel tem a seguinte relação com a escala: na escala 1:50 o tamanho deve ser de 2mm máximo gsd (*ground sample distance*), para

escala 1:20 deve ser de 1mm máximo gsd e para escala 1:10 de 0,5mm máximo gsd. A sigla gsd está relacionada a distância da amostra no terreno ou objeto.

Para o uso de filmes a escala do negativo deve ser seis vezes menores do que a escala de representação. Para escala 1:50 a escala mínima do negativo deve ser 1:200, para escala 1:20 a escala mínima do negativo deve ser 1:100 e para escala 1:10 a escala mínima do negativo deve ser 1:50.

A figura 35 apresenta parte de uma fachada realizada por levantamento fotogramétrico e a figura 36 um detalhe onde se visualiza a deterioração da construção. Esse tipo de documento além de ser adequado para a documentação do PCM auxilia nos trabalhos de restauração.

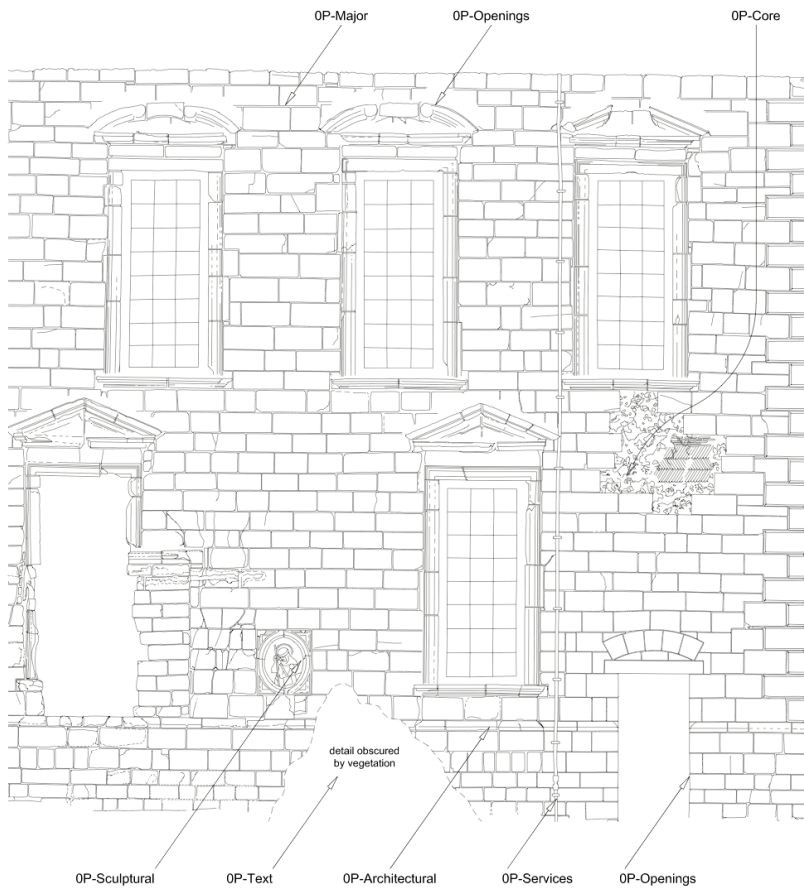


Figura 35: Parte da fachada levantada por Fotogrametria.

Fonte: Bryan et al. (2009)



Figura 36: Detalhe da fachada com a deterioração do Patrimônio Cultural
Fonte: Bryan et al. (2009)

Outra publicação da organização English Heritage tem relação direta com a proposta desta tese. O Título é *Medido e Desenhado (Measured and Drawn)*. Adrews et al. (2009) publicaram os métodos de levantamentos aplicados ao Patrimônio Cultural.

Nas técnicas de medições através de métodos convencionais de levantamento diretas são apresentadas dois tipos de poligonal, a aberta e a fechada, além do método de interseção por dois pontos e estacionamento livre. Também são apresentadas técnicas GNSS, todos os métodos relacionados nessa literatura são de aplicabilidade para realidade brasileira.

A figura 37 apresenta uma ilustração de uma poligonal fechada implantada ao redor de um sítio arqueológico e outra poligonal dentro do mesmo para o levantamento de detalhes.

A figura 38 apresenta uma ilustração de uma possível aplicação do método de Estação Livre utilizando alvos implantados na edificação

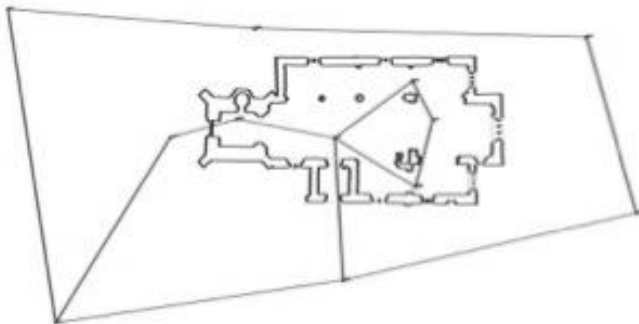


Figura 37: Ilustração de uma poligonal fechada aplicada ao PCM
Fonte: Andrews et al. (2009)

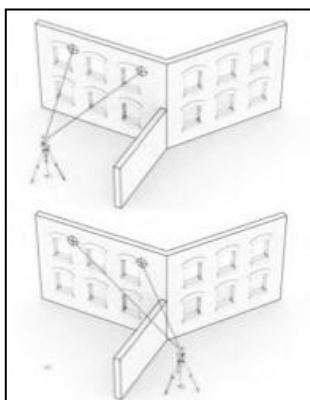


Figura 38: Ilustração do método de Estação Livre aplicado ao PCM
Fonte: Andrews et al. (2009)

Andrews et al. (2009) e Bryan et al. (2009) apresentam exemplos práticos de normatização de levantamentos aplicados ao Patrimônio Cultural relacionando os métodos de levantamento e as respectivas precisões, esses documentos orientam e enriquecem a discussão dos resultados desta pesquisa.

A normatização inglesa traz benefícios ao Patrimônio Cultural, esse fato se comprova com os trabalhos realizados em território britânico. Na área de mensuração a empresa *Wessex Archaeology* apresenta resultados através de diversas técnicas de levantamentos, sendo: fotogramétricos, levantamentos topográficos, GNSS, Varredura a

Laser, além de do levantamento a laser por aeronave e aerofotogrametria.

A figura 39 mostra um desenho de um sepultamento encontrado em um sítio arqueológico e as peças ao redor do esqueleto de forma ampliada para a verificação do detalhamento, no centro da figura é possível visualizar o esqueleto. Esse tipo de documentação traz ricos detalhes de interesse patrimonial.

A figura 40 apresenta um mapa com uma fotografia panorâmica de um sítio arqueológico que foi datado com cerca de 15.000 anos.

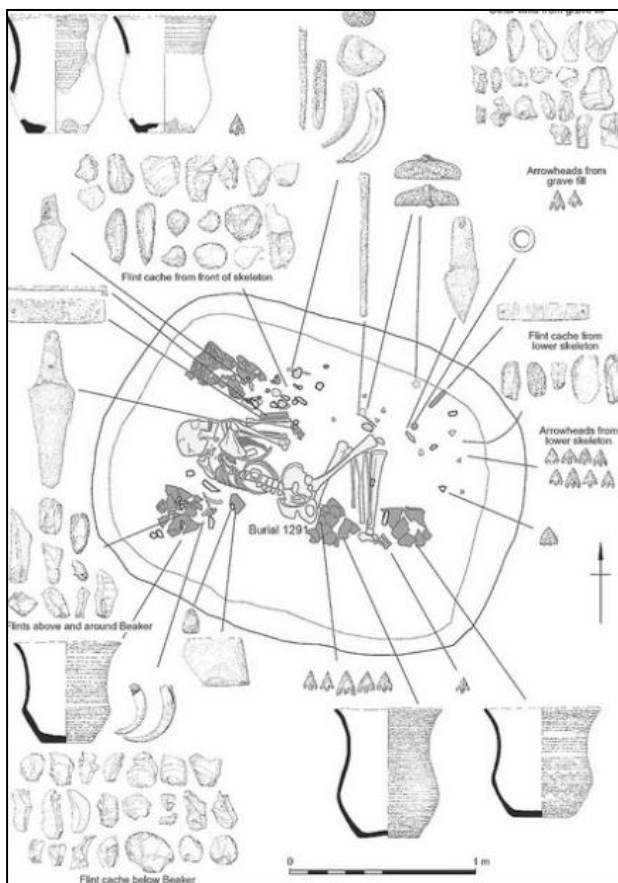


Figura 39: Desenho de uma catalogação de um sepultamento e das peças encontradas em um sítio arqueológico.

Fonte: <https://www.flickr.com/photos/wessexarchaeology/sets/72157628290582431/>

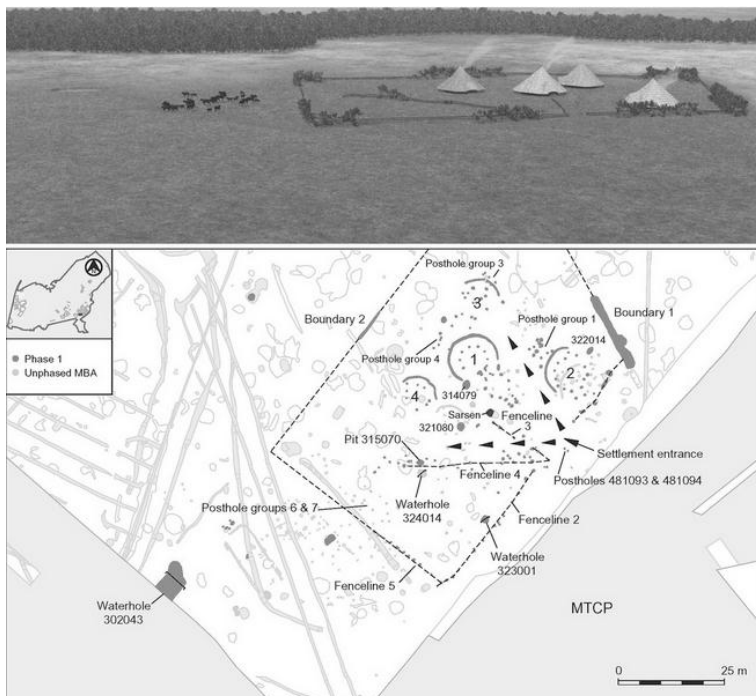


Figura 40: Mapa do levantamento de sítio arqueológico com mais de 15.000 anos.
<https://www.flickr.com/photos/wessexarchaeology/6720466577/in/set-72157628290582431>

Ainda no continente Europeu, o Instituto Geográfico Nacional da Espanha publicou em 1988 as Plantas das Igrejas, Edifícios Públicos e Parcelários Urbanos da Província de Madrid no Último Terço do Século XIX, essa publicação apresentam os croquis e mapas de levantamentos de campo.

Segundo o Instituto Geográfico Nacional da Espanha (1988) com a criação da lei chamada de medição do território no ano de 1859, os trabalhos geográficos executados por diferentes Ministérios foram centralizados. No ano de 1865 um decreto aprovou as regras gerais para execução das operações parcelarias e topográficas-cadastrais.

As plantas parcelarias foram desenhadas na escala 1:2000 nas áreas rurais e 1:500 nas áreas urbanas. Nas plantas se observam os métodos de levantamentos utilizados, as medidas de distâncias e as poligonais de apoio. A figura 41 apresenta um croqui a mão da *Iglesia de San Esteban Mártir* com medidas a trena a partir dos pontos da

poligonal topográfica. É possível visualizar que duas poligonais de apoio estão implantadas na proximidades da igreja a de número 14 e de número 15, sendo que a igreja está no interior da poligonal 14.

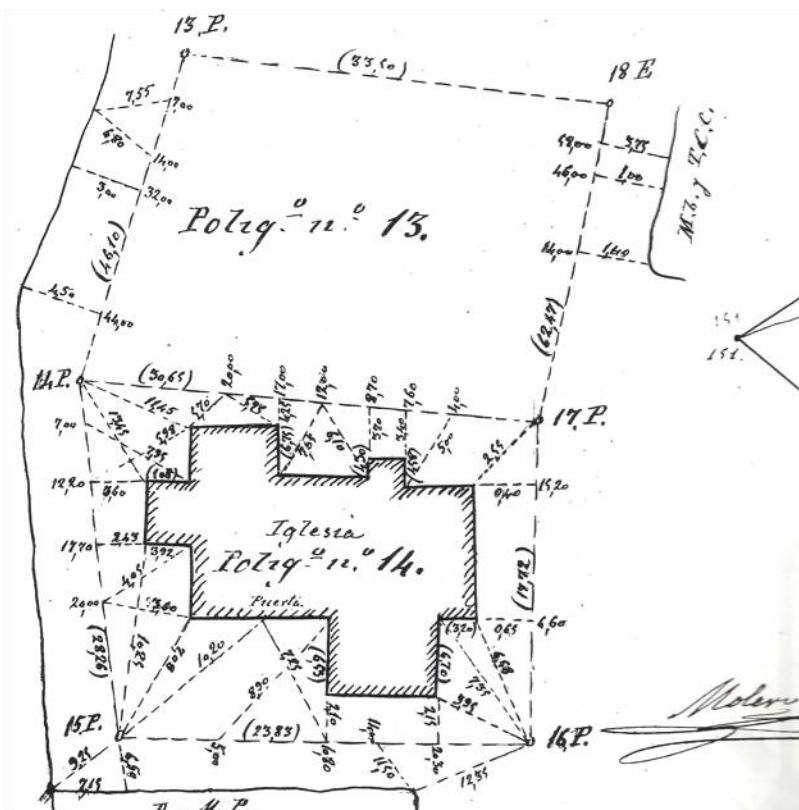


Figura 41: Croqui a mão da Igreja San Esteban Mártir

Fonte: IGN, Espanha (1988)

A figura 42 apresenta uma planta da *Iglesia Paroquial del Salvador* anterior ao ano de 1889. Percebe-se tanto no croqui quanto na planta que as medidas lineares eram tomadas a partir de pontos de referências e as mesmas davam suporte à produção cartográfica. As medições lineares eram realizadas a trena para a posterior confecção das plantas topográficas.

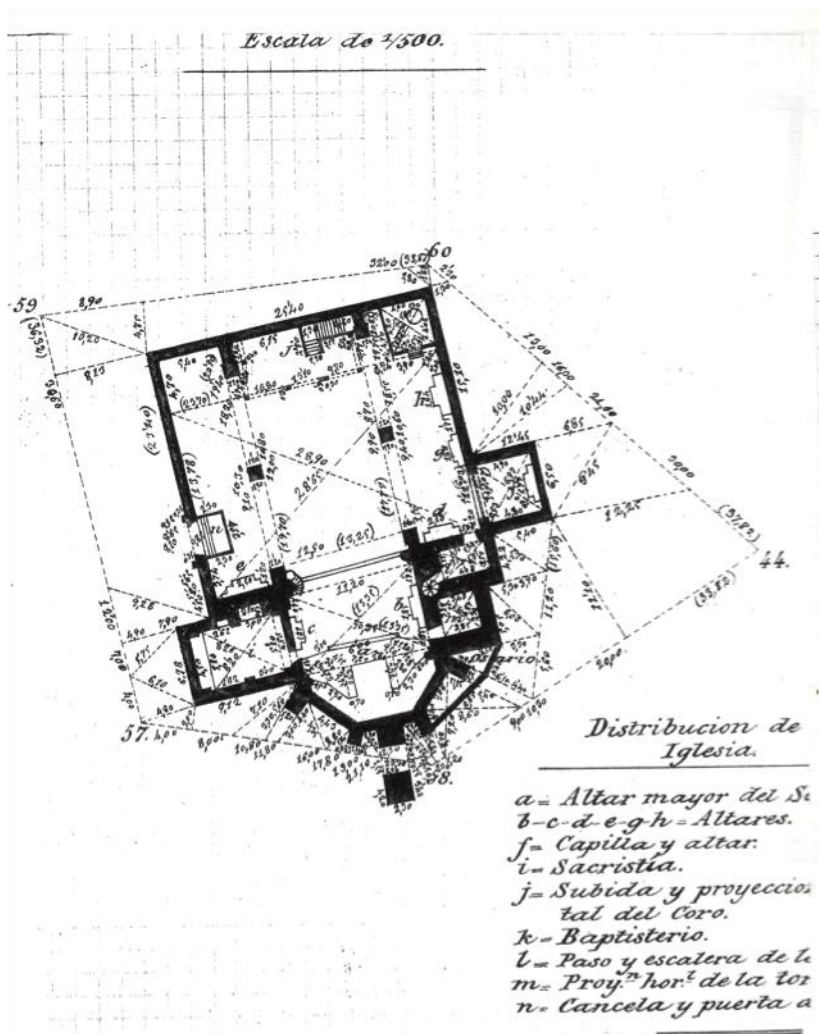


Figura 42: Planta da Igreja Paroquial del Salvador

Fonte: IGN, Espanha (1988)

O livro *Arqueologia: Teoria, Métodos e Práticas (Archeology: Theries, Methods and Practice)*, publicado pelos autores Colin Renfrew e Paul Bahn, apresenta exemplo da mensuração aplicada à arqueologia, sendo um capítulo dedicado para esse tema.

Destaca-se a importância das medições para o conhecimento do PCM assim como a catalogação dos sítios nas escavações. A figura 43 apresenta um mapa com a disposição dos sítios arqueológicos, representando os muros e curvas de nível, dentro de uma malha quadrangular de 50 metros de lado.



Figura 43: Planta da disposição de sítios arqueológicos com as curvas de nível representando o relevo

Fonte: Renfrew.C e Bahn.P, 1996

A figura 44 apresenta dois desenhos, um é a representação do relevo através das curvas de nível e o outro a disposição do sítio arqueológico Maia (RENFREW; BAHN, 1996), ambos do mesmo local. Esse tipo de representação reforça a necessidade de levantamentos topográficos planialtimétricos para o conhecimento do relevo e entendimento de como as populações viviam nesses locais.

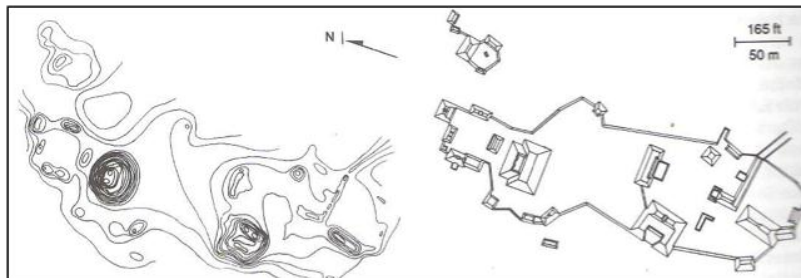


Figura 44: Curvas de nível e planta baixa de um sítio arqueológico
Fonte: Renfrew.C e Bahn.P, 1996

A figura 45 mostra uma situação hipotética de uma área urbana que foi implantada em cima de um sítio arqueológico, a imagem apresenta a estratificação com as camadas mostrando drenagem, fundações e o solo (RENFREW; BAHN, 1996). Nesse caso a informação tridimensional é relevante, assim como uma modelagem para a visualização das feições do PCM.

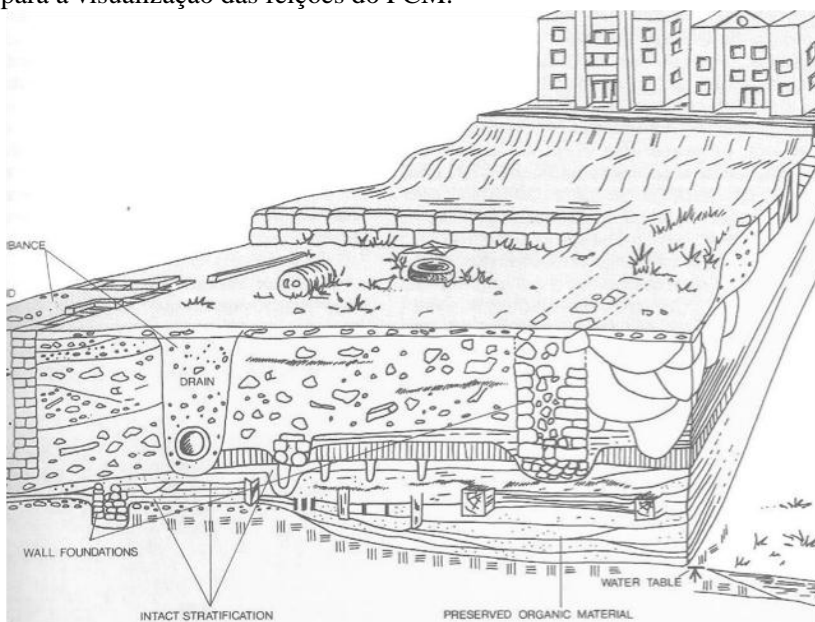


Figura 45: Corte no terreno para demonstrar as estruturas das civilizações antigas
Fonte: Renfrew.C e Bahn.P, 1996

A figura 46 apresenta a utilização de um equipamento topográfico (nível) para o levantamento das estruturas escavadas.



Figura 46: Uso de um nível para medição das estruturas dos sítios arqueológicos.
Fonte: Renfrew.C e Bahn.P, 1996

As pesquisas e publicações recentes voltadas à mensuração do PCM estão relacionadas as técnicas de Varredura a Laser (*Laser Scanner*), por ser uma tecnologia recente e em evidência o volume de publicações atuais é maior do que as aplicações dos métodos convencionais de levantamentos topográficos e geodésicos.

Rondeau (2013) apresenta no Relatório n.68 da revista *The Golbal Magazine of Leica Geosystem*, também conhecida como Relatório da Leica (*Leica Reporter*), um levantamento realizado com a técnica de Varredura a Laser em uma igreja Gótica localizada na França e construída no século XII (idade média).

Esse levantamento teve como finalidade conhecer a estrutura e arquitetura da construção gótica, por apresentar precisões milimétricas e detalhamento do levantamento a Varredura a Laser se tornou uma ferramenta que supera os demais métodos de mensuração nesse caso

específico. Além de conhecer a estrutura um prova documental da igreja também é um dos objetivos do trabalho (RONDEAU, 2013).

Uma questão importante foi a velocidade de produção dos dados, pois a igreja mensurada recebe cerca de 30.000 turistas por dia. A figura 47 apresenta a nuvem de pontos do levantamento de Varredura a Laser.



Figura 47: Nuvens de pontos na varredura a laser na Igreja Gótica – França
Fonte: (RONDEAU, 2013)

Drechsel (2013) utilizou das técnicas de Varredura a Laser para o escaneamento de uma igreja na Alemanha. A recente restauração da Igreja de *St. Leonhard* em Frankfurt, chamou atenção em todo o mundo. Não só na forma de publicações sobre o assunto, mas também pelo fluxo constante de visitantes fascinados de todo o mundo que visitam a igreja.

As escavações, que descobriram setenta esqueletos e uma variedade de objetos de sepultamento, foram documentados através da técnica de Varredura a Laser. Os dados foram utilizados para criar um modelo 3D da estrutura numa escala de 1:20.

De 2004 a 2008 a fachada externa, telhados e torres foram restaurados. A restauração Interior da igreja começou em 2011. O piso

da igreja deveria ser baixado, pois o mesmo teve o seu nível levantado várias vezes ao longo dos séculos para proteção contra inundações pelo Rio Main (DRECHSEL 2013).

O objetivo do trabalho foi documentar os resultados intermédios de construção, como os trabalhos de restauração progrediram. Todo o interior da igreja, incluindo todos os quartos auxiliares, o teto e duas torres foram capturados em detalhes (DRECHSEL 2013). Partes da igreja tiveram que ser levantadas de várias posições para o detalhamento e evitar sombreamento. A figura 48 apresenta a escavação com o equipamento em serviço.



Figura 48: Varredura a Laser no interior da Igreja *St. Leonhard*
Fonte: (DRECHSEL 2013)

Na Galícia (Espanha) Borrazas et al. (2009) apresentam a aplicação da técnica de Varredura a Laser no Patrimônio Cultural, os trabalhos foram desenvolvidos no Laboratório de Patrimônio do Conselho Superior de Investigações Científicas da Galícia.

Os objetivos foram verificar a aplicação da técnica de Varredura a Laser e expor os casos de documentação heterogênea e suas problemáticas por se tratarem de patrimônios diferentes.

Foram mensuradas diversas feições, a *Basílica de la Ascensión*, para identificação e avaliação da construção, se fez necessário documentar geometricamente o edifício em sua totalidade antes das intervenções arquitetônicas. Também foram realizados levantamentos

em sítios arqueológicos com modelagem 3D do terreno e das feições que compõe o mesmo.

Outro exemplo foi a documentação da *Vía de la Plata* que sofreria o impacto de uma obra civil. A figura 49 o equipamento realizando as medições em campo do local escavado.



Figura 49: Trabalho de varredura a laser na *Vía de la Plata*

Fonte: (BORRAZAS, 2009)

Ruther et al. (2009) realizou um estudo na *Wonderwerk Cave*, África do Sul, foram utilizadas as técnicas de levantamentos convencionais e técnicas de Varredura a Laser, o trabalho faz parte de um projeto chamado de “*African Cultural Heritage ans Landscape Database*”, que tem como objetivo gerar uma base de dados do patrimônio cultural e paisagístico da África.

O sítio *Wonderwerk Cave* é um dos dezenove sítios mensurados no projeto. A caverna possui uma extensão de aproximadamente 140 metros e a largura varia de 11 a 24 metros, a mesma fica localizada ao norte da Província de Cabo, é a maior caverna conhecida na região.

Em 1940 iniciaram-se as escavações na caverna, foram descobertas ferramentas de pedra e fauna fósseis depois da remoção de uma camada orgânica de sedimento para comercialização, esse fato tornou a topografia da caverna desigual com “caixas” de retirada de material (RUTHER et al., 2009).

Os desafios do trabalho de Varredura a Laser na *Wonderwerk Cave* foram: a) os detalhes da superfície e dificuldade de encontrar

pontos de vista adequados para cobrir todas as superfícies desaparecidas; b) as quantidade de tempo necessário para registrar, processar, editar e criar um modelo triangular, preencher “buracos” de varredura no modelo e a textura do mesmo; c) a necessidade de melhorar o software para modelagem, extração de características, texturização e apresentação; d) encontrar soluções de software para manipulação e armazenamento do imenso volume de dados que resultam do levantamento. A figura 50 mostra uma ilustração do levantamento por Varredura a Laser no interior da caverna.



Figura 50: Interior da Wonderwerk Cave no escaneamento dos alvos
Fonte: Ruther et al. (2009)

A conclusão do trabalho foi de que os levantamento por técnica convencional e por varredura a laser tem auxiliado no conhecimento da caverna e fornecerão material para o futuro. Os pesquisadores estão buscando um possível local de entrada para a caverna, utilizando os dados gerados no levantamento, além de informações produzidas servirem para um trabalho de educação ambiental que o projeto de pesquisa desenvolve (RUTHER et al., 2009).

Por fim, um destaque para a técnica de Varredura a Laser foi o escaneamento do Palácio de Versalhes na França, A empresa executora do trabalho levou três meses de trabalho de campo com a finalidade da criação de uma plataforma digital 3D dos interiores e dos jardins. Foram ocupadas 100.000 estações com o equipamento da marca Faro que realizou uma parceria com a empresa e através do aplicativos *Google*

Earth disponibilizou os dados para uma tour virtual. É interessante na documentação do Palácio de Versalhes o histórico das construções e ampliações relacionando com os fatos históricos ocorridos na França. (GIM International, 2013).

De acordo com o exposto neste capítulo, percebe-se que em partes do globo as técnicas de mensuração são utilizadas nos registros documentais e nos trabalhos voltados à catalogação e preservação do PCM, servindo de exemplo para que o Brasil passe a realizar trabalhos da mesma natureza preservando seus bens culturais.

CAPÍTULO 2 – LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS

Este capítulo tem como objetivo levantar as leis relacionadas ao Patrimônio Cultural Material, assim como leis relacionadas à área de mensuração, parte dessa legislação foi citada de forma introdutória no capítulo 1.1.

Além da legislação também se apresentam os aspectos técnicos normativos da área de topografia e geodésia com a finalidade de subsidiar as aplicações apresentadas no capítulo 4 desta tese.

A organização deste capítulo se dá da seguinte forma: o item 2.1 com a Legislação do Patrimônio Cultural Material; item 2.2 Legislação relacionada à área de mensuração e item 2.3 Normas técnicas de levantamentos topográficos e geodésicos.

2.1 Legislação do Patrimônio Cultural

2.1.1 Decreto Lei 25 de 1937

O Decreto Lei 25 de 30 de novembro de 1937 foi o primeiro instrumento legal de proteção do patrimônio cultural do Brasil. Segundo o decreto o patrimônio nacional é definido como:

“conjunto de bens móveis e imóveis existentes no país e cuja conservação é de interesse público, quer por sua vinculação a fatos memoráveis da história do Brasil, quer por seu excepcional valor arqueológico ou etnográfico, bibliográfico ou artístico”

O decreto também estabeleceu a criação de quatro Livros Tombos entre eles o Livro Tombo Arqueológico. O tombamento de uma área de interesse cultural pode ser solicitada por pessoa física ou jurídica. O IPHAN analisa o pedido para dar prosseguimento ou não ao processo de tombamento.

Esse processo não gera desapropriação do bem, ou seja o proprietário continua tendo a propriedade, no entanto o bem não pode ser descaracterizado e deve ser preservado. O imóvel tombado pode ser comercializado ou alugado, bem como o uso pode ser modificado, no entanto mantendo as características originais.

O tombamento é um instrumento de proteção, o IPHAN é responsável pela fiscalização de todos os bens tombado no Brasil na esfera federal, essa atribuição também está prevista no Decreto 25 de 1937. Qualquer necessidade de intervenção em um bem tombado deve ser autorizada pelo IPHAN.

2.1.2 Lei 8313 de 1991

A Lei 8313/1991 institui o Programa Nacional de Apoio a Cultura – PRONAC, com a finalidade de captar e canalizar recursos financeiros.

Essa lei aponta também a possibilidade de dedução de impostos os doadores e patrocinadores. No Imposto de Renda de Pessoa Física, podem ser deduzidos 80% de despesas efetuadas na restauração, preservação e conservação de bens tombados pelo IPHAN. No caso de pessoa jurídica, podem ser deduzidos 40% dessas despesas. Além disso, alguns municípios oferecem desconto de IPTU para bens tombados que forem mantidos em bom estado de conservação.

A Lei 9874 de 1999 alterou alguns artigos da Lei 8313, trazendo alguns detalhes do funcionamento dos fundos financeiros de apoio a cultura.

Contudo, é importante destacar que o governo busca ferramentas e alternativas para atender as necessidades de preservação do Patrimônio Cultura, principalmente nas questões financeiras.

2.1.3 Constituição Federal de 1988

Como citado no capítulo 1.3, o artigo 24º da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 diz que: compete a União, aos Estados e ao Distrito Federal legislar concorrentemente sobre a proteção do patrimônio histórico, cultural, artístico, turístico e paisagístico.

A própria Constituição Federal de 1988 amplia as atribuições de fiscalização e preservação do patrimônio cultural para os Estados e municípios, o município de Ouro Preto/MG é um exemplo da criação de leis municipais específicas para a questão do tombamento.

2.1.4 Portaria 420 de 2010 (IPHAN)

O IPHAN possui exigências para as intervenções nos bens tombados que estão amparadas legalmente pela Portaria nº420 de dezembro de 2010, sendo que quanto maior a intervenção maior o detalhamento e documentos que devem ser apresentados para o processo de intervenção a ser instaurado. A categoria de intervenções vão desde uma simples consulta até uma grande reforma, demolição ou nova construção.

São exigidos pelo IPHAN projetos arquitetônicos com os detalhes das intervenções para os casos onde essa se faz com maior complexidade, em nenhum caso de intervenção é exigido um levantamento topográfico georreferenciado do local, com a localização

do bem e as coordenadas dos limites da propriedade, a Portaria nº420 exige apenas planta de situação para a localização do imóvel.

2.1.5 Portaria 230 de 2002 (IPHAN)

A Portaria nº230 de dezembro de 2002 aborda os itens relacionados aos licenciamentos, as exigências do IPHAN são de acordo com a licença solicitada, sendo elas: a Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação.

O objetivo principal da portaria é a preservação dos sítios arqueológicos. Na Licença Prévia é exigido um levantamento arqueológico exaustivo de campo e a contextualização da área do empreendimento. Em locais onde não se conhece a existência de sítios arqueológicos ou locais onde existem poucos dados a respeito será necessário o estudo em uma área diretamente afetada pelo empreendimento.

De acordo com o levantamento de campo será elaborado um diagnóstico arqueológico além de mapas temáticos de geologia, geomorfologia, hidrografia, vegetação e declividade. Depois da análise do diagnóstico é elaborado um Plano de Prospecção e de Resgate.

Na Licença de Instalação, a referida Portaria prevê a implantação do Plano de Prospecção e Resgate e o aprimoramento dos estudos do subsolo, é oportuno frisar que parte dos sítios arqueológicos encontram-se enterrados. Essa fase do estudo tem como objetivo quantificar os sítios arqueológicos tanto nas áreas diretamente afetadas pelos empreendimentos, quanto nas áreas indiretamente afetadas.

Na Licença de Operação o Plano de Prospecção e Resgate será executado, sendo realizados os trabalhos de salvamento arqueológico dos sítios apontados nos estudos da Licença de Instalação, esses trabalhos são realizados por meio de escavações exaustivas e registro detalhado. Espera-se dessa etapa um relatório detalhado do sítio arqueológico através dos dados catalogados em campo.

Os salvamentos são realizados nos locais onde as obras de engenharia irão danificar os sítios, o IPHAN busca com o empreendedor uma alternativa a preservar o sítio arqueológico, no entanto ocorre que em algumas obras não é possível realizar a preservação total, esses trabalhos fornecem dados detalhados dos sítios e de como era a vida naquele local, onde estão localizados os cemitérios e locais de sepultamento, onde se localizam as moradias entre outras informações.

A Portaria nº230 também não aborda o mapeamento e a mensuração dos sítios, ficando a critério do empreendedor a execução do mesmo de acordo com as técnicas mais convenientes.

2.1.6 Portaria nº127 de 30 de 2009 (IPHAN)

A Portaria nº127 de 2009 estabelece a chancela de paisagem brasileira e tem como finalidade contribuir para a preservação do Patrimônio Cultural de forma complementar aos instrumentos de proteção existentes, por exemplo, o tombamento.

No art.4º diz que a chancela de paisagem estabelece um pacto que pode envolver o poder público, a sociedade civil e a iniciativa privada visando a gestão compartilhada de porção do território.

Qualquer pessoa física ou jurídica pode requerer o processo administrativo para a chancela da paisagem cultural. Esse processo visa fornecer um “selo” de reconhecimento da peculiaridade da paisagem caracterizando-a como importante no contexto cultural.

O art.14º cita que o acompanhamento da Paisagem Cultural Brasileira chancelada se dará através de relatórios de monitoramento e avaliação periódica.

A Paisagem Cultural chancelada tem interferência direta nas propriedades, sendo que a porção do território passa a ter uma gestão diferenciada da usual pelo proprietário. Esse fato se configura em um trabalho de agrimensura, que por sua vez pode fornecer a localização e a área objeto de chancela, assim mensurar os limites das propriedades atingidas.

2.2 Legislação da Área de Mensuração

2.2.1 Portaria nº511 – Ministério das Cidades

A Portaria nº511 de 2009 publicada pelo Ministério das Cidades trouxe um conceito moderno de cadastro territorial para o Brasil, esse conceito difere do termo cadastro utilizados nas normas técnicas NBR 13133 e NBR 14166.

O conceito de Cadastro Territorial não está consolidado no Brasil, assim como nos cursos de graduação e pós-graduação que ministram aulas relacionadas ao tema, uma das “confusões” é em relação ao levantamento de detalhes e feições em campo, que são chamados pela NBR 131333 de levantamentos cadastrais e a comunidade de agrimensores segue essa nomenclatura.

Pelo motivo desse desencontro no conceito de Cadastro entre a Portaria nº511 e as normas técnicas brasileiras que esta tese aborda o assunto e busca a melhor definição a ser utilizada nos levantamentos do PCM.

Segundo a Portaria nº511 (2009) do Ministério das Cidades, o Cadastro Territorial Multifinalitário é o inventário territorial oficial e sistemático do município e deve ser embasado no levantamento dos limites das parcelas, que recebe uma identificação única e inequívoca.

No Artigo 2º da referida Portaria diz que a parcela é a menor unidade do cadastro, definida como uma parte contígua da superfície terrestre com regime jurídico único. A figura 51 apresenta uma ilustração de um imóvel formado por sete parcelas, cada uma com um regime jurídico.

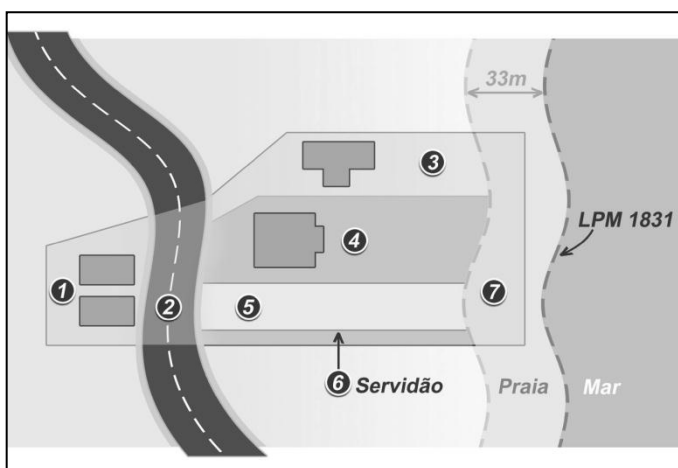


Figura 51: Parcelas que compõe um imóvel

Fonte: Philips,J (2006)

O artigo 10º cita que o levantamento cadastral para a identificação geométrica das parcelas territoriais deve ser referenciado ao Sistema Geodésico Brasileiro - SGB. O artigo 12º recomenda a utilização da Projeção UTM como sistema de coordenadas, até que definida uma projeção específica.

No artigo 13º, parágrafo 1 está descrito que os limites legais das parcelas devem ser obtidos, com precisão adequada, por meio de levantamentos topográficos e geodésicos, no parágrafo 2 diz que os limites físicos das parcelas podem ser obtidos por métodos topográficos,

geodésicos, fotogramétricos e outros que proporcionem precisões compatíveis.

A relação que pode ser realizada entre a parcela e o Patrimônio Cultural são nos casos dos imóveis totalmente ou parcialmente tombados e os imóveis que estão inseridos em uma paisagem chancelada. Essas áreas devem ser parcelas no sistema cadastral municipal. As matrículas desses imóveis devem ter averbações quando utilizados esses instrumentos de preservação, para isso é necessário se conhecer as dimensões, áreas e as coordenadas dos limites dos imóveis e das áreas preservadas.

2.2.2 Estatuto das Cidades – Lei nº10.257/2001

O At. 2º do Estatuto das Cidades apresenta as diretrizes para a política urbana. O item XII cita que uma das diretrizes gerais da política urbana “proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, do patrimônio cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico”

Na continuação da lei não é citado especificamente nenhum instrumento de proteção ao Patrimônio Cultural, mas fica clara a necessidade da preservação desse bem e que o mesmo está inserido nos instrumentos previstos nessa lei.

2.2.3 Lei nº10.267 de 2001 e Decreto nº4.449 de 2002

A lei nº 10.267 de 2001, regulamentada pelo Decreto nº 4.449 de 2002, cria o Cadastro Nacional de Imóveis Rurais – CNIR, que terá como base comum de informações gerenciadas conjuntamente pelo INCRA e pela Secretaria da Receita Federal.

A Lei nº10.267 vincula as informações descritivas das propriedades ao memorial descritivo assinado pelo técnico responsável e o mesmo deve conter as coordenadas georreferenciadas com precisão posicional definida pelo INCRA.

Como suporte à essa lei o INCRA publicou a norma técnica, que atualmente encontra-se na terceira edição, trazendo dois manuais de apoio, sendo o manual de posicionamento e o manual de confrontações, apresentando os procedimentos para certificar uma área rural georreferenciada (capítulo 2.3.3).

2.3 Normas Técnicas – Levantamentos Topográficos e Geodésicos

2.3.1 NBR 13133 – Execução de Levantamentos Topográficos

A norma técnica NBR13133 apresenta os procedimentos relacionados à execução dos levantamentos topográficos. Com o intuito de verificar a aplicação dessa norma nos levantamentos do Patrimônio Cultural Material, esse capítulo tem como objetivo apontar os itens da normativos que apresentam importância ao objeto desta tese.

Primeiramente foram estudados os conceitos e definições apresentados na norma técnica, posteriormente estudou-se os parâmetros técnicos que envolvem as medições, bem como a classificação dos instrumentos. As definições abordadas nesse capítulo são:

- Apoio geodésico e apoio topográfico;
- Definições e conceitos de levantamento de detalhes, levantamento topográfico e topográfico cadastral;
- Classificação dos Instrumentos
- Tipos de Poligonais

2.3.1.1 Apoio geodésico e apoio topográfico

Primeiramente destaca-se as definições de apoio geodésico e apoio topográfico, segundo a norma técnica o apoio geodésico são pontos materializados no terreno com objetivo de fornecer dados planimétricos, altimétricos ou planialtimétricos referenciados ao *datum* do país, proporcionando o controle de posicionamento dos levantamentos de campo.

O apoio topográfico consiste em pontos materializados no terreno com objetivo de dar suporte aos levantamentos topográficos. Para o apoio topográfico altimétrico as alturas podem ser referidas a uma superfície arbitrária e o erro por quilômetro irá caracterizar a ordem e a qualidade do ponto, a altitude também pode ser referenciada ao nível médio dos mares.

No apoio topográfico planimétrico, os pontos devem ser materializados no terreno com coordenadas cartesianas (x e y) obtidas a partir de uma origem no plano topográfico, em que os de ordem superior podem estar espaçados em até 10 quilômetros e os de ordem inferior até 500 metros, ou menos dependendo da área a ser levantada.

Percebe-se que a NBR 13133 entende que levantamento geodésico é referenciado ao *Datum* do país e levantamento topográfico a referências arbitrárias.

2.3.1.2 Levantamento de detalhes, topográfico e topográfico cadastral

A seguir estão apresentadas as definições de levantamento de detalhes, levantamento topográfico e levantamento topográfico cadastral e em seguida as considerações sobre as mesmas.

Definição de levantamento de detalhes segundo o item 3.11 da NBR13133:

“Conjunto de operações topográficas clássicas (poligonais, irradiações, interseções, ou por ordenadas sobre uma linha-base), destinado à determinação das posições planimétrica e/ou altimétrica dos pontos, que vão permitir **a representação do terreno** a ser levantado topograficamente a partir do apoio topográfico. Estas operações podem conduzir, simultaneamente, à obtenção da planimetria e da altimetria, ou então, separadamente, se condições especiais do terreno ou exigências do levantamento obrigarem à separação” (grifo nosso)

Definição de levantamento topográfico segundo o item 3.12 da NBR13133:

Conjunto de métodos e processos que, através de **medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumental adequado** à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas. A estes pontos se relacionam os pontos de detalhes visando à sua exata representação planimétrica numa escala predeterminada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também predeterminada e/ou pontos cotados” (grifo nosso)

Definição de levantamento planimétrico cadastral segundo o item 3.17 da NBR13133:

“Levantamento planimétrico acrescido da determinação planimétrica da posição de **certos detalhes visíveis** ao nível e acima do solo e de interesse à sua finalidade, tais como: **limites de vegetação ou de culturas, cercas internas, edificações, benfeitorias, posteamentos, barrancos, árvores isoladas, valos, valas, drenagem natural e artificial, etc.** Estes detalhes devem ser discriminados e relacionados nos editais de licitação, propostas e” instrumentos legais entre as partes interessadas na sua execução” (Grifo nosso)

Definição de levantamento topográfico planialtimétrico cadastral a segundo o item 3.18 da NBR 13133:

“levantamento topográfico planialtimétrico acrescido dos elementos planimétricos inerentes ao levantamento planimétrico cadastral, que devem ser discriminados e relacionados nos editais de licitação, propostas e instrumentos legais entre as partes interessadas na sua execução”.

Com as definições apresentadas faz-se necessário apontamentos para que os conceitos sejam confrontados com os conceitos em discussão atualmente, principalmente nos termos relacionado ao Cadastro.

O conceito de levantamento cadastral da NBR 13133 e da Portaria nº511 de 2009 do Ministério das Cidades, se diferenciam, a norma técnica cita o levantamento das feições que compõe os detalhes do terreno e a Portaria nº509 de 2009 cita que o levantamento cadastral está relacionado ao levantamento das parcelas.

Outro conceito importante é o de levantamento de detalhes, segundo o texto apresentado na norma técnica entende-se que esse tipo de levantamento tem como objetivo a representação do relevo e os detalhes do terreno propriamente dito ficaram na definição de levantamento cadastral. O item 3.32 da NBR 13133 define como pontos de detalhe “os pontos importantes dos acidentes naturais e/ou artificiais, definidores da forma do detalhe e/ou relevo, indispensável à sua representação”.

A definição pela norma técnica de levantamento topográfico é vinculada aos métodos de medições angulares e lineares, contudo esse tipo de medição também é utilizado para levantamento geodésico.

Os conceitos na NBR13133 devem ser revistos e modernizados para uma segunda edição da norma técnica, sobretudo na questão relacionada ao conceito de Cadastro Territorial, que no Brasil encontra-se em construção. A Portaria nº511 de 2009 inovou na sua publicação trazendo conceitos de Cadastro Territorial de países com maior tradição nessa área, como a Suíça e Alemanha.

Pelas definições apontadas pode-se concluir que a NBR 13133 quando escreve detalhes quer dizer detalhes do relevo, quando cita cadastral quer dizer detalhes das feições do terreno e de fato a norma não trata de Cadastro Territorial.

Com base nessas considerações e no novo conceito apresentado pela Portaria nº511 do Ministério das Cidades, o capítulo 3 desta tese apresenta os conceitos utilizados nesta tese.

2.3.1.3 Classificação dos instrumentos

Depois de pesquisar os conceitos sobre levantamentos topográficos e geodésicos é importante conhecer a classificação dos instrumentos segundo a norma técnica. Para os levantamentos topográficos basicamente se busca conhecer dois parâmetros de mensuração, um angular e outro linear na planimetria, para a altimetria o desnível entre pontos.

Nas medições de ângulos geralmente são utilizados os teodolitos, sejam eles digitais ou analógicos e na medição de distância são utilizadas as trenas, os fios estadimétricos para o método de medição por taqueometria e o medidor eletrônico de distância (MED). As duas primeiras técnicas de medição linear praticamente estão em desuso pela falta de produtividade e precisão frente aos MEDs.

Os teodolitos possuem três classes de acordo com a precisão nominal do equipamento, a tabela 5 mostra a classificação dos mesmos, sendo a classe 3 a de equipamento com melhor precisão.

Tabela 5: Classificação dos teodolitos conforme NBR13133

Classe	Precisão Angular
1 – Precisão baixa	$\pm 30''$
2 – Precisão média	$\pm 7''$
3 – Precisão alta	$\pm 2''$

Os medidores eletrônicos de distância (MED) também possuem três classes, a tabela 6 apresenta a classe relacionada com a precisão nominal do equipamento, sendo também a classe 3 referida aos equipamentos mais precisos.

Tabela 6: Classificação dos Medidores Eletrônicos de Distâncias (MED)

Classe	Precisão linear
1 - precisão baixa	$\pm (10\text{mm} + 10 \text{ ppm} \times D^*)$
2 - precisão média	$\pm (5\text{mm} + 5 \text{ ppm} \times D)$
3 - precisão alta	$\pm (3\text{mm} + 3 \text{ ppm} \times D)$

*D é a distância medida em quilômetros.

As estações totais, instrumentos de medição angular e linear integrando em um único equipamento os MEDs e teodolitos eletrônicos, possuem classificação de acordo com a tabela 7.

Tabela 7: Classificação das Estações Totais.

Classe	Precisão angular	Precisão linear
1 - precisão baixa	$\leq \pm 30''$	$\pm (5\text{mm} + 10 \text{ ppm} \times D)$
2 - precisão média	$\leq \pm 07''$	$\pm (5\text{mm} + 5 \text{ ppm} \times D)$
3 - precisão alta	$\leq \pm 02''$	$\pm (3\text{mm} + 3 \text{ ppm} \times D)$

Os níveis, instrumentos utilizados nos levantamentos altimétricos possuem também a classificação, o valor de precisão

nominal está relacionado ao valor em milímetro dividido pela distância em quilômetro, a tabela 8 apresenta a classificação dos níveis.

Tabela 8: Classificação dos níveis de acordo com a NBR13133

Classe	Desvio Padrão
1 – Precisão baixa	$> \pm 10 \text{ mm/km}$
2 – Precisão média	$\leq \pm 10 \text{ mm/km}$
3 – Precisão alta	$\leq \pm 3 \text{ mm/km}$
4 – Precisão muito alta	$\leq \pm 1 \text{ mm/km}$

O conhecimento da classificação dos instrumentos é importante para a interpretação dos parâmetros das Poligonais de apoio, pois as mesmas são vinculada à classe dos equipamentos. Além de ser necessária para a contratação de serviços de topografia e geodésia.

2.3.1.4 Tipos de Poligonais

A NBR 13133 item 6.5.1 são relacionados os três tipo de Poligonal. a) tipo 1 - Poligonais apoiadas e fechadas numa só direção e num só ponto; b) tipo 2 - Poligonais apoiadas e fechadas em direções e pontos distintos com desenvolvimento curvo; c) tipo 3 - Poligonais apoiadas e fechadas em direções e pontos distintos com desenvolvimento retilíneo.

Segundo o item 6.5.2 as Poligonais tipo 1 e 2 podem ter nos seus cálculos primeiramente a distribuição dos erros angulares e posteriormente os erros lineares para a compensação ou ajustamento dos erros.

Para as Poligonais tipo 3, que são retilíneas é necessário a aplicação de fórmulas de tolerância longitudinal e transversal e o ajustamento pode ser realizado por qualquer método, inclusive pelo Método dos Mínimos Quadrados (MMQ).

Um fator a ser levado em consideração é a tolerância para os erros obtidos nas Poligonais. o item 6.5.7 diz:

O estabelecimento das tolerâncias, para efeito desta Norma, parte da teoria dos erros, que estabelece **ser o erro máximo tolerável, ou tolerância, um valor T, cuja probabilidade de ser ultrapassado é de 1%, sendo de 2,65 aproximadamente três vezes o valor do erro médio temível**. Assim, partindo das expressões decorrentes das propagações dos erros médios nas medições angulares e lineares, são estabelecidas as seguintes expressões para as tolerâncias de fechamento das poligonais: (Grifo nosso)

A NBR13133 apresenta as fórmulas para o cálculo da tolerâncias angulares e lineares, as fórmulas 1 e dois se referem às Poligonais tipo 1 e 2 e as fórmulas 3 e 4 se referem às Poligonais tipo 3

Tolerância angular

$$T\alpha \leq a + b\sqrt{N} \quad (1)$$

Tolerância Linear

$$T\alpha \leq c + d\sqrt{L(km)} \quad (2)$$

Tolerância Longitudinal para a Poligonal tipo 3

$$Tl \leq c + eL(Km)\sqrt{N - 1} \quad (3)$$

Tolerância Transversal para Poligonal tipo 3

$$Tl \leq c + f\sqrt{L(Km)} \quad (4)$$

Para a aplicação das fórmulas apresentadas deve-se considerar N como a quantidade de vértices da Poligonal e L o perímetro total em quilômetros. As demais variáveis (letras a, b, c, d, e e f) que se apresentam nas fórmulas são valores tabelados pela NBR 13133 e pela precisão nominal dos equipamentos, esse valores podem ser encontradas na norma técnica na página 21 (tabela 10 e 11).

2.3.1.5 Classes de Poligonais e nivelamento

Além dos tipos, as Poligonais recebem classificação de acordo com a finalidade do trabalho. As poligonais são classificadas na NBR 13133 em:

- P – Planimétricas;
- PA – Planialtimétricas;
- PRC – Para implantação de Rede Cadastral;
- PAC – Planialtimétrico Cadastral.

De acordo com o item 6.4.2 As finalidades das cinco classes de poligonais planimétricas apresentadas referem-se a: a) Classe IP - Adensamento da rede geodésica (transporte de coordenadas); b) Classe IIP - Apoio topográfico para projetos básicos, executivos, como executado, e obras de engenharia; c) Classe IIIP - Adensamento do apoio topográfico para projetos básicos, executivos, como executado, e obras de engenharia; d) Classe IVP - Adensamento do apoio topográfico para poligonais IIIP. Levantamentos topográficos para estudos de viabilidade em projetos de engenharia; e) Classe VP - Levantamentos topográficos para estudos expeditos.

As tabelas apresentadas na norma técnica com a classificação das Poligonais são extensas e dificultosas para visualização na formatação

deste trabalho, para facilitar a leitura as tabelas apresentadas estão resumidas com os principais itens. O quadro 1 apresenta de forma resumida as informações das Poligonais classe P (levantamento planimétrico).

Quadro 1: Resumo dos parâmetros das Poligonais classe P

Classe	Medição Angular	Medição Linear	Lado médio	Num. max. Vértices
IP	Método das direções: três séries de leituras conjugadas. Teodolito classe 3	MED classe 2	$\geq 1,5\text{Km}$	11
IIP	Método das direções: três séries de leituras conjugadas. Teodolito classe 3	MED classe 1	$\geq 190\text{m}$	31
IIIP	Método das direções: duas séries de leituras conjugadas. Teodolito classe 2	MED classe 1 ou trena de aço	$\geq 170\text{m}$	41
IVP	Método das direções: duas séries de leituras conjugadas. Teodolito classe 2	MED classe 1 ou trena de aço e controle taqueométrico	$\geq 160\text{m}$	41
VP	Leitura em uma só posição. Teodolito classe 1,	Observações taqueométricas	90m	41(P)* 21(S)* 12(A)*

*(P) Poligonal Principal, (S) Poligonal Secundária e (A) Auxiliar

Fonte: Adaptada da NBR 13133

Considerando que os trabalhos atuais de levantamentos topográficos e geodésicos devem utilizar da automação topográfica através de programas computacionais, bem como utilizar de equipamentos com pelo menos média precisão angular e linear, para as medições em campo, que não tenham finalidade de serem expeditos, as Poligonais IVP e VP tornam-se pouco aplicáveis, pois a utilização em trena de aço para medir distâncias entre 90m e 170m se torna improdutiva, imprecisa dependendo do relevo e diminuem a produtividade de automação topográfica. Essas classes de poligonais devem ser adaptadas para atender a necessidade nas medições do PCM.

A Poligonal IP tem seus parâmetros de medição angular e linear com possibilidade de uso da automação topográfica e com equipamentos classificados com precisão alta e média para o teodolito e MED respectivamente. O ponto negativo dessa Poligonal é o lado médio

(1,5Km), o mesmo apresenta um valor de extensão difícil de ser aplicado para os levantamentos patrimoniais. Os sítios arqueológicos em sua maioria não possuem extensões que chegam a 1/3 do valor do lado médio dessa Poligonal.

As Poligonais IIP e IIIP podem ser utilizadas ou adaptadas para a realidade em campo, mas para os sítios menores podem não ser aplicáveis.

Nos levantamentos altimétricos com a finalidade de transportar referências de nível ou conhecer o desnível entre os pontos são utilizados os níveis e o nivelamento é classificado de acordo com metodologia, extensão máxima, lance máximo e lance mínimo, número de lances e tolerância no fechamento, esses parâmetros podem ser observado na tabela 8 da NBR 13133 na página 17.

Os nivelamento possuem quatro classes, sendo três métodos de levantamento, o geométrico, o trigonométrico e o taqueométrico. O quadro 2 apresenta de forma resumida os principais itens para o trabalho altimétrico de nivelamento.

Quadro 2:Resumo das classes de nivelamento.

Classe	Metodologia	Lance máximo	Lance mínimo	Tolerância
IN	Niv. Geométrico, nível classe III, leituras nos três fios, visadas equidistantes com máxima diferença de 10m.	80m	15m	12mm \sqrt{K} *
IIN	Niv. Geométrico, nível classe 2, leitura do fio médio, ida e volta ou circuito fechado com PS* a cada 2Km.	80m	15m	20mm \sqrt{K}
IIIN	Niv. Trigonométrico com MED classe 1 em uma série de leitura para as medições angulares com teodolito classe 2 ou Estação Total Classe 2.	500m(P)* 300m(S)*	40m(P) 30m(S)	0,15m \sqrt{K} 0,20m \sqrt{K}
IVN	Niv. Taqueométrico com leituras nos três fios com série de leituras com teodolito classe 1.	150m(P) 150m(S)	30m(P) 30m(S)	0,30m \sqrt{K} 0,40m \sqrt{K}

*PS = Ponto de segurança, K distância em Km, (P) Niv. Principal e (S) Niv. Secundário. Fonte: Adaptada da NBR 13133

Os levantamentos com finalidade de se conhecer o relevo do terreno são executados com as informações altimétricas e planimétricas em conjunto, os dados são medidos em campo simultaneamente.

A NBR13133, nas páginas 13 e 14, apresenta a tabela com as especificações para os levantamentos topográficos planialtimétricos (PA). As Poligonais classe PA para os levantamentos topográficos planialtimétricos possuem uma relação com as Poligonais classe P, além de vincular o tipo de Poligonal à escala do desenho e determinar a equidistância vertical das curvas de nível, bem como a densidade de pontos a ser levantado. O quadro 3 mostra as informações resumidas da tabela original da norma técnica.

Quadro 3:Resumo das classes de Poligonais planialtimétricas

Classe	Metodologia	Equid. curva de nível	Dens. de pontos/ ha*
I PA	Poligonais VP ou superior e nivelamento IVN ou superior. Pontos irradiados taqueometricamente com leituras nos três fios com visada máxima de 150m. Teodolito classe I	5m	2 a 4
II PA	Poligonais IVP ou superior e nivelamento IIN ou superior. Pontos irradiados taqueometricamente com leituras nos três fios com visada máxima de 150m. Teodolito classe 1.	2m	5 a 10
III PA	Poligonais IIIP ou superior, nivelamento IIN ou superior. Pontos irradiados taqueometricamente com leituras nos três fios com visada máxima de 100m. Teodolito classe 1.	1m	18 a 32
IV PA	Poligonais IIP ou superior, nivelamento IIN ou superior. Pontos irradiados taqueometricamente com leituras nos três fios com visada máxima de 100m. Teodolito classe 2.	1m	20 a 45
V PA Seção transv	Poligonal VP, linha de base a cada 40m e lev. seções transversais com espaçamento entre os pontos a cada 40m.	2m e/ou 16 pontos cotados	8 a 16
VI PA Seção transv	Poligonais com linha base a cada 20m por poligonais IVP ou superior. Nivelamento IIN. Seções com taqueometria a cada 30m visada máxima 150m e teodolito classe 1.	1m e/ou pontos cotados	18 a 36
VII PA Seção transv	Poligonais com linha base a cada 10m por poligonais IVP em área superior a 100ha recomenda-se Poligonais IIIP e	1m e/ou pontos cotados	-----

	niv. IIN.		
VIII PA Seção transv	Mesmo método da VIIPA com linhas base a cada 20m e lev, transversa; a cada 20m	1m e/ou pontos cotados	-----

*ha=hectare. Fonte: Adaptada da NBR 13133

De acordo com o quadro 3, não existe previsão nenhuma classe de poligonal com irradiação que permita a interpolação dos dados planialtimétricos para geração de curvas de nível como equidistância vertical menor do que 1 metro.

Os parâmetros de seções transversais possuem pouca aplicação aos levantamentos do PCM, esse tipo de levantamento são aplicados nos projetos para estradas e atualmente estão sendo substituídos por levantamentos planialtimétricos com Estações Totais.

Ainda no tema levantamento planialtimétrico a NBR 13133 apresenta outras duas classes de Poligonais para levantamentos planialtimétricos cadastrais, na tabela 6, página 15 da norma técnica estão relacionadas duas classes de Poligonais PAC, esses parâmetros estão apresentados de forma resumida no quadro 4.

Quadro 4: Tabela resumida para as Poligonais de Levantamentos Planialtimétricos Cadastrais

Classe	Metodologia	Equid. curva de nível	Dens. de pontos/ ha*
I PAC	Poligonais IIIP ou superior. Nas áreas maiores do que 100ha recomenda-se Poligonais IIP. Pontos de divisas ou notáveis irradiados com MED ou trena de aço, os demais pontos cadastrais podem ser medidos estadimetricamente com leituras os três fios e visada máxima de 100m. Nivelamento IIN ou superior, pontos irradiados par nivelamento medidos taqueometricamente com leituras nos três fios e visada máxima de 120 metros com teodolito classe 1.	1m	30 a 50
II PAC	Poligonais IIP ou superior. Pontos de divisas ou notáveis irradiados com MED ou trena de aço, os demais pontos cadastrais podem ser medidos estadimetricamente com leituras os três fios e visada máxima de 80m e teodolito classe 2. Nivelamento IIN ou	1m	40 a 60

	superior, pontos irradiados par nivelamento medidos taqueometricamente com leituras nos três fios e visada máxima de 100 metros com teodolito classe 1.		
--	---	--	--

Por fim tem-se os parâmetros das Poligonais PRC que tem a finalidade de implantação de Rede de Referência Cadastral Municipal. A classe IPRC tem como objetivo fornecer o apoio topográfico da rede de referência cadastral municipal, apoiada na rede geodésica densificada por Poligonal IP ou processo equivalente. A Poligonal IIPRC são consideradas auxiliares de rede de referência cadastral municipal destinada à determinação dos pontos referenciadores de quadras ou glebas. Os principais parâmetros podem ser vistos no quadro 5.

Quadro 5: Tabela resumida das Poligonais PRC.

Classe	Medição Angular	Medição Linear	Lado médio	Num. vértices	Nivelamento Vértices
IPRC	Método das direções com centragem forçada, três séries de leituras conjugadas. Teodolito classe 3	MED classe 2	$\geq 200\text{m(P)}^*$ $\geq 100\text{m(S)}^*$	16(P) 11(S)	12mm \sqrt{K}^* (IN Principal) 16mm \sqrt{K} (IN secundária)
IIPRC	Método das direções, duas séries de leituras conjugadas. Teodolito classe 2	MED classe 1 ou trena aferida e correção de dilatação, tensão catenária e redução ao horizonte	$\geq 80\text{m}$	9	20mm \sqrt{K} (IIN)

* (P) Poligonal Principal, (S) Poligonal Secundária e K distância em Km. Fonte: Adaptada da NBR 13133

Considerando que a maioria dos municípios não possuem Rede de Referência Cadastral Municipal, as poligonais PRC ainda são pouco utilizadas na atual situação brasileira, mas como a realidade em campo pode dificultar a aplicação a rigor das classes de Poligonais e suas respectivas finalidades, as mesmas devem ser adaptadas e estudadas para a criação de classes intermediárias para viabilizar o desenvolvimento dos levantamentos ao PCM.

As distâncias longas entre os vértices de parte das poligonais podem torná-las sem aplicabilidade e as poligonais com distâncias menores exigem equipamentos menos precisos. Em alguns casos uma poligonal determinada para uma finalidade pode ser aplicada em outra, por exemplo, uma Poligonal IIPRC pode ser aplicada a um

levantamento topográfico planialtimétrico. O capítulo 4 abordará essas questões nas atividades desenvolvidas em campo.

Importante ressaltar que a NBR13133 foi publicada no ano de 1994 tendo a necessidade de revisão e inclusão de parâmetros levando em consideração o aporte tecnológico atual.

2.3.2 NBR 14166 – Rede de Referência Cadastral Municipal

A norma técnica NBR14166 apresenta as informações de implantação da Rede de Referência Cadastral Municipal, trazendo uma série de definições e fórmulas para os cálculos.

O intuito desse capítulo é relacionar os parâmetros técnicos com a aplicação dos mesmos nos levantamentos relacionados ao Patrimônio Cultural Material.

A finalidade deste documento técnico é fixar as condições exigíveis para a implantação de rede de referência cadastral que tem os seguintes objetivos: a) apoiar a elaboração e a atualização de plantas cadastrais municipais; b) amarrar, de um modo geral, todos os serviços de topografia, visando as incorporações às plantas cadastrais do município; c) referenciar todos os serviços topográficos de demarcação, de anteprojetos, de projetos, de implantação e acompanhamento de obras de engenharia em geral, de urbanização, de levantamentos de obras como construídas e de cadastros imobiliários para registros públicos e multifinalitários.

O item 3.1 da NBR14166 apresenta os seguintes conceitos: altura geométrica é a distância de um ponto ao longo da normal ao elipsóide entre a superfície física e a sua projeção na superfície elipsoidal. Representa-se por h , sendo também conhecida como altitude geométrica, segundo a expressão $h \approx N + H$.

O item 3.2 apresenta o conceito de altitude ortométrica: Distância de um ponto ao longo da vertical entre a superfície física e a sua projeção na superfície geoidal (superfície equipotencial que coincide com o nível médio não perturbado dos mares). Representa-se por H .

A figura 52 ilustra o esquema da normal, vertical e altura, apresentando a superfície física, o geóide (nível médio dos mares) e o Elipsóide (figura geométrica mais parecida com a forma da Terra).

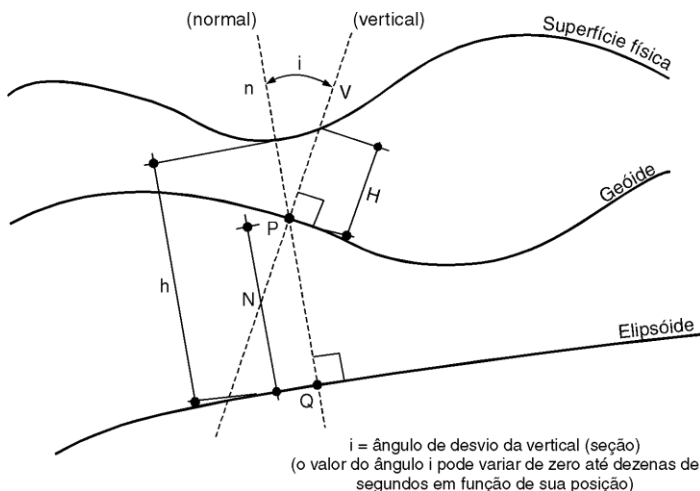


Figura 52: Esquema do conceito, vertical, normal e altura.

Fonte : NBR14166

Outro conceito importante de ser estudado é o Plano Topográfico Local. No item 3.37 diz que o sistema de projeção topográfica (Sistema Topográfico Local) é um sistema de projeção utilizado nos levantamentos topográficos apoiados na Rede de Referência Cadastral pelo método direto clássico para representação das posições relativas dos acidentes levantados através de medições angulares e lineares, horizontais e verticais.

O item 3.39 define sistema topográfico local: “Sistema de representação, em planta, das posições relativas de pontos de um levantamento topográfico com origem em um ponto de coordenadas geodésicas conhecidas, onde todos os ângulos e distâncias de sua determinação são representados, em verdadeira grandeza, sobre o plano tangente à superfície de referência (elipsóide de referência) do sistema geodésico adotado, na origem do sistema, no pressuposto de que haja, na área de abrangência do sistema, a coincidência da superfície de referência com a do plano tangente, sem que os erros, decorrentes da abstração da curvatura terrestre, ultrapassem os erros inerentes às operações topográficas de determinação dos pontos do levantamento” e esquematizados conforme indicado na figura 53.

O item 3.39.1 diz que plano de representação, origem, eixos e orientação: Elementos constituintes do sistema fundamentais para o posicionamento dos pontos do levantamento por intermédio de um sistema cartesiano ortogonal em duas dimensões onde: a) os eixos X e Y estão no Plano do Horizonte Local (plano tangente ao elipsóide de referência), adotando-se, deste instante em diante, para efeito de cálculos, a esfera de

adaptação de Gauss como figura geométrica da terra (superfície de referência); b) o eixo Y coincide com a linha meridiana (norte-sul) geográfica, no ponto de tangência, orientado positivamente, para o norte geográfico; c) o eixo X é orientado, positivamente, para o leste.

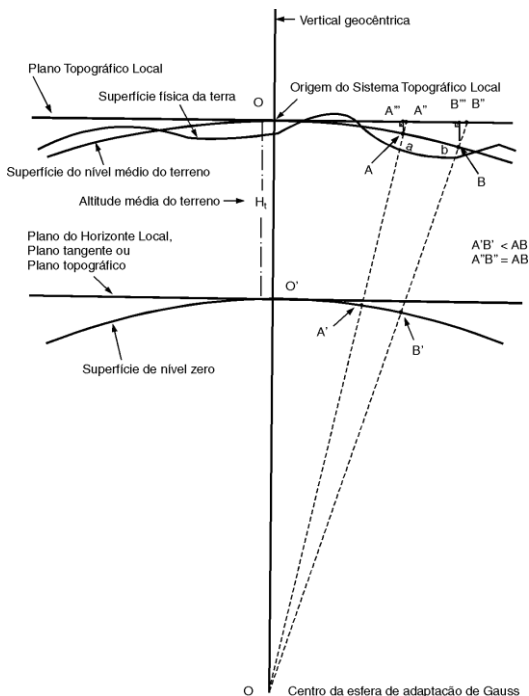


Figura 53: Elementos do Sistema Topográfico Local
Fonte: NBR14166

A definição de coordenadas plano-retangulares (X,Y) está no item 3.39.2 da norma: Coordenadas cartesianas definidoras da localização planimétrica dos pontos medidos no terreno e representados no plano topográfico do sistema topográfico local, cuja origem está no ponto de tangência deste plano com a superfície de referência adotada pelo Sistema Geodésico Brasileiro - SGB.

O plano topográfico é definido como: Superfície definida pelas tangentes, no ponto origem do Sistema Topográfico, ao meridiano deste ponto e à geodésica normal a este meridiano.

De acordo com a NBR 14166 cada município deve ter uma rede de referência que possui um ponto de origem amarrado ao SGB e a orientação norte é em relação as coordenadas geodésicas desse ponto,

dessa forma os mapas municipais não se encaixam pois cada município teria uma origem diferente e o eixo Y em direção ao norte dos sistemas municipais não seriam paralelos.

Para o levantamento do PCM em nível Estadual usar o PTL pode trazer algumas complicações, as conversões entre o PTL e o Plano UTM é possível, mas demanda conhecimento técnico, as instituições que gerenciam o PCM não possuem no quadro de funcionários agrimensores e profissionais da área da geodésia para efetuar esse tipo de tarefa.

Todavia, equipes de arqueólogos trabalham com pequenos levantamentos e demarcações e pela sua formação não possuem o conhecimento técnico e científico da relação entre o Plano Topográfico Local e o Plano UTM.

Para que as instituições que gerenciam o PCM possam ter um sistema informatizado do posicionamento dos bens patrimoniais em um primeiro momento se apresenta mais simples o trabalho com o Plano UTM, além da segurança de se trabalhar com os dados georreferenciados. Trabalhar com as coordenadas geodésicas também pode ser uma opção.

Trabalhar no Plano UTM significa considerar a curvatura da Terra e um sistema de projeção cartográfica que distorce as distâncias, mas que traz facilidades na fiscalização e gerenciamento dos dados e no uso das Estações Totais para a obtenção das coordenadas dos pontos de interesse.

Outro fato é de que os municípios brasileiros não implantaram e mantiveram suas redes no PTL, é mais comum encontrar a rede de referência no Plano UTM que foram e são utilizadas geralmente para levantamentos aerofotogramétricos.

2.3.3 Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais

A norma técnica de georreferenciamento de imóveis rurais está na terceira edição. Publicada em novembro de 2013 a nova edição trouxe modificações importantes, como a criação do Manual Técnico de Limites e Confrontações e o Manual Técnico de Posicionamento. O corpo de texto da norma técnica foi reduzido em quatro páginas trazendo definições, identificação do imóvel, as coordenadas dos vértices e o credenciamento, sendo os assuntos técnicos organizados nos dois referidos manuais.

Outra modificação significativa da norma técnica em relação às duas edições anteriores foi o sistema de coordenadas, o mesmo não é

mais o sistema do Plano UTM e sim coordenadas no Plano Topográfico Local ou como se refere a norma no Sistema Geodésico Local - SGL.

Segundo a norma técnica o SGL é um sistema cartesiano composto de três eixos mutuamente ortogonais (e, n, u) onde “n” aponta em direção ao norte geodésico, o eixo “e” aponta para a direção leste e é perpendicular ao eixo “n”, ambos contidos no plano topográfico, e o eixo “u” coincide com a normal ao elipsóide que passa pelo vértice escolhido como origem do sistema.

Pensando em âmbito nacional trabalhar com o sistema UTM dificulta a confecção de uma mapa único e para solucionar esse problema o INCRA exige que as coordenadas dos vértices sejam geodésicas apresentando os valores de latitude e longitude, no entanto, como descrito no capítulo anterior esse tipo de plano gera uma incompatibilidade nos levantamentos contíguos.

Na segunda edição a norma técnica aborda diversos valores de precisão para os pontos de apoio ao levantamento dos vértices do imóvel, na terceira edição foi resumida para as precisões para os vértices dos imóveis.

Os valores de precisão das coordenadas devem ser expressos na unidade métrica e são: a) Para vértices situados em limites artificiais: melhor ou igual a 0,50 m; b) Para vértices situados em limites naturais: melhor ou igual a 3,00 m; e c) Para vértices situados em limites inacessíveis: melhor ou igual a 7,50 m.

A fórmula para o cálculo da precisão é:

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_\varphi^2 + \sigma_\lambda^2} \quad (5)$$

Onde: φ é a latitude, λ a longitude, σ a precisão em metros e σ_p é a precisão posicional.

Segundo a norma técnica os valores de precisão da latitude e da longitude devem ser convertidos para valores lineares. Desta forma, os valores de precisão das coordenadas geodésicas (σ_φ , σ_λ , σ_h) devem ser expressos em metros.

2.3.3.1 Manual Técnico de Posicionamento

O Manual Técnico de Posicionamento apresenta técnicas e métodos de levantamento a serem realizados em campo com objetivo de alcançar as precisões normatizadas.

Para o uso da técnica de posicionamento por GNSS é indicado um único método de posicionamento absoluto (PPP) e os demais são

métodos de posicionamento relativo, ou seja o ponto a ser mensurado deve estar relacionado a um ponto de coordenadas conhecidas e esse ponto deve ser amarrado ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). Os métodos relativos elencados no manual para o levantamento GNSS são:

- Relativo Estático;
- Relativo Estático Rápido;
- Relativo Semicinemático (*Stop and Go*);
- Relativo Cinemático;
- Posicionamento Relativo a partir do Código C/A
- RTK e DGPS
- RTK convencional
- RTK em rede
- Diferencial DGPS

Somente para o levantamento dos limites naturais é permitido o uso do código C/A com o pós processamento dos dados, para os demais limites e implantação dos pontos de referência a serem utilizados deve ser utilizada as observáveis da fase da portadora.

Para os métodos de Posicionamento por Topografia Clássica estão relacionados os seguinte métodos:

- Poligonação;
- Triangulação;
- Trilateração;
- Triangulateração;
- Irradiação;
- Interseção Linear;
- Interseção Angular;
- Alinhamento.

Os métodos relacionados neste capítulo fornecem suporte para o estudo dos mesmos aplicados ao Patrimônio Cultural e estão explicados e ilustrados no capítulo 3.

Além dos métodos de posicionamento existe a possibilidade da determinação de coordenadas através de cálculos analíticos, como: paralelas e interseção de retas, para a realização desses métodos o agrimensor levanta pontos no terreno e em programa de desenho assistido por computador pode realizar o procedimento, o programa de desenho é mais produtivo do que cálculos manuais ou mesmo em planilhas eletrônicas.

2.3.4 NBR 14645-1 – Elaboração de “como construído” para edificações.

O objetivo da NBR 14645-1 é de fixar as condições exigíveis para execução de levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral de imóvel urbanizado com área até 25.000m², para fins de estudo, projetos e edificação com o objetivo de: a) obter conhecimento do terreno quando ao relevo, limites, confrontações, área, localização, amarração e posicionamento, b) obter conhecimento sobre os limites (divisas) do imóvel e sua área de forma a possibilitar a confrontação com o título de propriedade e demais documentos de compra e venda e relacionados à propriedade; c) fornecer informações do terreno destinadas a estudos preliminares, projetos e edificações e d) possibilitar a implantação e a realização das diversas etapas de controle dimensional das obras de edificação.

O PCM já tem suas edificações consolidadas, sendo os projetos desenvolvidos com objetivo de restauro. Contudo, parte da norma técnica pode servir de referência para os levantamentos topográficos, principalmente os das edificações históricas. As escalas de representação definidas na NBR 14645-1 para os levantamentos topográficos são de 1:250 a 1:50. Para as Poligonais e nivelamentos e procedimentos de levantamentos de campo a norma remete as NBR13133 e NBR14166.

A definição de levantamento topográfico como construído é: “Levantamento topográfico específico, integrante do procedimento fiscal de execução de obras na construção civil e industrial, que, amarrado ao mesmo sistema tridimensional de referência espacial adotado no projeto de uma construção e utilizando instrumentalmente todos os processos adequados ao rigor exigido pelo procedimento fiscal, realiza o acompanhamento da obra, passo a passo, até a sua conclusão. Este levantamento determina no seu desenvolvimento uma exatidão adequada, o posicionamento espacial das bases de assentamento e dos detalhes específicos da configuração espacial da construção considerada em relação a pontos notáveis existentes no terreno e/ou às divisas de imóveis que lhe são adjacentes, escolhidas como amarração da construção, quando da elaboração do seu projeto”.

No item 5 a norma técnica apresenta os requisitos gerais, que de forma resumida são: As coordenadas do levantamento devem ser plano-retangulares orientadas ao norte magnético, a altimetria deve adotar uma referência oficial ou arbitrária.

Para as Poligonais devem ser utilizado um teodolito classe 2 com o método das direções com uma série de leituras e para as medições

lineares utilizar MED classe 2 (ou Estação Total classe 2) ou melhor, ou trena de aço aferida e em ambos os casos utilizar as distâncias reduzidas. Para o nivelamento utilizar níveis classe 2.

Além das definições outro item importante da norma deve servir de referência aos levantamentos aplicados ao PCM são as tolerâncias.

Para as Poligonais tipo 1 e 2 a tolerância angular é calculada através da equação 6. A tolerância linear é calculada através da equação 7 e a tolerância para o nivelamento geométrico da Poligonal é calculada pela fórmula 8.

$$T = 1' \sqrt{n} \quad (6)$$

Onde n é o número de vértices da Poligonal.

$$T = 0,0095 \sqrt{l} \quad (7)$$

Onde l é o comprimento da Poligonal em metros.

$$T = 20mm \sqrt{k} \quad (8)$$

Onde k é o comprimento nivelado em quilômetros.

Por fim o ultimo parâmetro a ser levando em consideração é o de aceitação e rejeição de um levantamento topográfico pelo contratante e seu preposto, deverá seguir a NBR13133 e ter como referência que a máxima diferença admitida na medida horizontal entre duas coordenadas representativas de um lado do perímetro do terreno e a sua medida obtida diretamente deverá atender a tolerância mínima de 0,24m, obtida pela seguinte equação:

$$T = 0,006 \sqrt{L} \quad (9)$$

Onde L é o comprimento do lado em metros e T a tolerância em metros.

Os valores de tolerância elencados nesse capítulo serão utilizados nos cálculos realizados no capítulo 4 para verificação dos métodos aplicados em campo.

CAPÍTULO 3 – CONCEITOS, FINALIDADES E MÉTODOS DE LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS E GEODÉSICOS

Este capítulo tem como objetivo apresentar, os conceitos e termos técnico-científicos utilizados nesta tese, as finalidades dos levantamentos topográficos e geodésicos aplicados ao Patrimônio Cultural Material, bem como os métodos de levantamento.

Os métodos de levantamentos apresentam primeiramente as técnicas GNSS, posteriormente os métodos convencionais com uso de Estação Total e métodos complementares.

Por fim estão apresentados duas técnicas de sensoriamento remoto, a fotogrametria terrestre e a varredura a laser.

3.1 Conceitos

3.1.1 Levantamento Topográfico e Geodésico

Na bibliografia nacional da área de cartografia e topografia encontra-se por vezes o conceito de que o levantamento topográfico é realizado em áreas pequenas que não consideram a curvatura da Terra.

Loch; Cordini (2000) afirmam que a topografia é a ciência que se utiliza de medições angulares e lineares para representação em uma projeção ortogonal sobre um plano sem considerar a curvatura da Terra. Loch (2006) corrobora com essa definição em uma citação no seu livro.

Na bibliografia portuguesa encontra-se a definição por Xerez (1947a), que afirma que por não ser plana a superfície terrestre, os métodos devem considerar esse parâmetro, salvo se o problema consistir em um trabalho em zonas pouco extensas e que são independentes do conjunto, sendo que esses métodos são caso de domínio da Topografia. Quando se trabalha em relação ao conjunto (entorno), independentemente do tamanho da área, deve-se considerar a curvatura da Terra, sendo esse método de domínio da Geodésia e Astronomia.

Sendo assim, pela afirmação de Xerez (1947a) considerar a curvatura da Terra não está ligada somente ao tamanho da área, mas também com a objetivo da medição, sendo assim trabalhos em pequenas áreas podem ser realizados considerando o seu entorno e os parâmetros terrestres.

A palavra topografia significa a descrição gráfica de um lugar, independente se a curvatura da Terra está sendo ou não considerada, pois a Geodésia também tem como objetivo descrever o lugar. Por isso,

pode ser conceitualmente equivocado elencar o termo Topografia somente ao tamanho da área. Portanto, entende-se que considerar da curvatura terrestre está relacionada com a aplicação dos levantamentos.

No capítulo 2 foi apresentado os conceitos elencados na NBR131333, afirmando que o levantamento topográfico é realizado através de medições angulares e lineares com a finalidade de representar os dados em planta. Na mesma norma técnica não tem o conceito de levantamento geodésico, mas que fica subentendido pela definição de apoio geodésico, que cita que o mesmo é referenciado a um *datum*.

As áreas Topografia e Geodésia são interligadas e utilizam dos mesmos métodos e equipamentos de medição, por isso para efeito de conceitos esta tese utiliza as duas nomenclaturas sempre se referindo aos levantamentos como: “levantamentos topográficos e geodésicos”.

3.1.2 Plano de Referência e *Datum*

Para a realização das medições pode-se adotar com referência três planos de referência, primeiro o Plano Topográfico Horizontal (PTH), que é determinado pelo equipamento nivelado em um ponto topográfico de origem. Esse plano pode ter orientação arbitrária ou orientação ao norte magnético.

O PTH é aplicável no PCM em casos específicos que estão ilustrados e descritos no decorrer deste capítulo. A figura 54 apresenta uma ilustração com a Estação Total nivelada e as linhas representando o PTH e a direção Zenital.

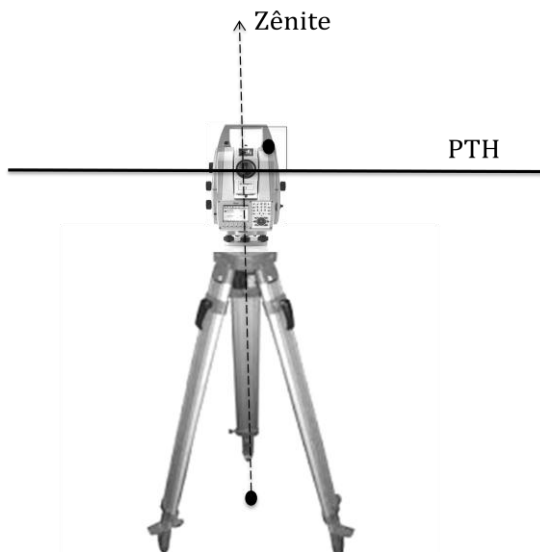


Figura 54: Estação Total e o Plano Topográfico Horizontal

A segunda opção é trabalhar no Plano Topográfico Local – PTL, que foi explanado no capítulo 2. A utilização do PTL previsto na NBR14166 e não traz vantagens para os levantamentos do Patrimônio Cultural Material pelos seguintes motivos: 1) Em nível estadual não é aplicável pelas dimensões colocadas na NBR14166; 2) se fosse aplicado em nível municipal e por ventura houvesse a necessidade de converter coordenadas do PTL para o Plano UTM, as instituições que trabalham na preservação e gerenciamento do PCM necessitariam de profissionais qualificados e com formação em agrimensura/cartografia para realizar os cálculos; 3) Se o PTL fosse aplicado em nível municipal, os mapas municipais de um Estado não encaixariam entre si, pois a orientação do sistema está no ponto de origem de cada PTL.

Por fim a terceira opção é o Plano UTM, esse plano se torna a opção mais adequada e interessante para as aplicações ao PCM, neste caso os bens passa a ter sua localização georreferenciada em um sistema de unidade métrica e se houver necessidade de trabalhar em nível nacional não existirá dificuldade em conversão de coordenadas UTM para geodésicas.

Outra vantagem do Plano UTM é que pode ser utilizado para grande extensões de área e um único fuso pode cobrir a área total de um Estado, que é o caso de Santa Catarina. Os programas de processamento GNSS e de automação topográfica estão preparados para os cálculos nesse plano, facilitando o procedimento de escritório e produção de documentação técnica.

Sendo assim, adota-se o Plano UTM referenciado no *datum* SIRGAS 2000 (oficial no Brasil) e adota-se o PTH para levantamentos topográficos sem a necessidade de georreferenciamento em levantamentos específicos ou em levantamentos expeditos.

Na questão altimétrica, deve ser utilizada as altitudes ortométricas, no entanto é importante considerar a possibilidade de integração com técnicas GNSS e uso de modelagem geoidal para os cálculos de altitudes através dos modelos nacionais publicados pelo IBGE.

Atualmente o programa MAPGEO³ deve ser utilizado quando o transporte de coordenada altimétrica for via GNSS. O *datum* vertical adotado para o levantamento do PCM é o de Imbituba/SC.

Os nivelamentos trigonométricos e geométricos também devem ser usados quando necessária maior precisão e os mesmos podem estar apoiados ou não à rede oficial de RN⁴ do SGB, de acordo com a necessidade.

3.1.3 Levantamento cadastral e de detalhes

O conceito de levantamento cadastral apresenta discordância entre a NBR13133 e a Portaria nº511 de 2009. De acordo com a referida Portaria o levantamento cadastral tem como objetivo mensurar as parcelas que compõe o imóvel. Nesta tese será adotado este conceito.

Quando a finalidade for detalhamento do terreno será utilizado o termo levantamento de detalhes, podendo ser planimétrico ou planialtimétrico. Para a representação de relevo através de curvas de nível ou modelagem 3D utiliza-se o termo levantamento planialtimétrico.

³ Programa para o cálculo da ondulação geoidal

⁴ Rede de Referência de Nível

3.1.4 Rede de Referência e Ponto de Referência

Para que sejam realizadas as medições dos bem patrimoniais são necessários pontos de referência com coordenadas que servem de apoio ao levantamento em campo.

O conceito de rede de referência vai além de apenas implantar pontos de referência, a implantação de uma rede de referência deve passar por planejamento que vai desde a localização dos pontos até os métodos de medição a serem utilizados e tolerâncias.

Para Blachut, et al. (1979), a definição confiável de uma parcela territorial é um problema de levantamento. Para que esse problema seja solucionado é necessária uma rede de referência bem materializada, consistente e homogênea, assim como, procedimentos técnicos que atendam as necessidades do cadastro territorial. O mesmo conceito pode ser adotado para os levantamentos do PCM.

A coleta de dados para a implantação de uma rede deve prever o ajustamento das observações e os dados de campo devem ser mensurados com essa finalidade. A vantagem de se trabalhar em rede é a homogeneização dos pontos e otimização dos erros.

A figura 55 apresenta uma ilustração onde os triângulos em preto representam os pontos da rede com as coordenadas conhecidas e os círculos em branco os novos pontos a serem determinados e as linhas de medições entre os pontos para um ajustamento em rede.

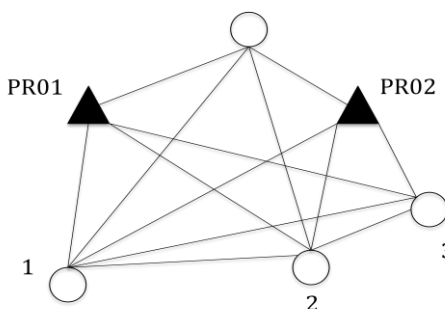


Figura 55: Ilustração de uma rede de pontos de referência.

As instituições que gerenciam o PCM não tem atribuições de implantação de Rede de Referência Cadastral Municipal ou Rede Geodésica e sim possuem a necessidade de utilizá-la. No entanto, quando necessário as instituições podem implantar as redes para atender as suas necessidades e que podem ser disponibilizadas para uso público.

Entretanto, em todas as esferas do governo não existem redes de referência em uma densidade em nível de levantamento topográfico e geodésico. Atualmente o IBGE administra a Rede de Referência Nacional do Sistema Geodésico Brasileiro, que encontra-se em expansão, a densidade desses pontos é pequena, mas o suficiente para dar suporte à implantação de novas redes.

A implantação de pontos de referência sem a configuração de ajustamento em rede se torna mais simples. O método mais comum atualmente é pela técnica GNSS, mas também pode ser através de poligonação, método de Estação Livre ou até mesmo uma simples irradiação.

Na implantação de pontos de referência pode-se optar por realizar ajustamento de observações, utilizando duas ou mais referências, ou usar de técnicas que calculam as coordenadas dos novos pontos partindo de um único ponto de referência.

A figura 56 mostra a implantação de um novo ponto com ajustamento por dois pontos de referência e a figura 57 apresenta a implantação de um novo ponto por uma única referência (GNSS), em ambas figuras os triângulos em preto representam as coordenadas conhecidas e os círculos em branco as coordenadas a serem determinadas.

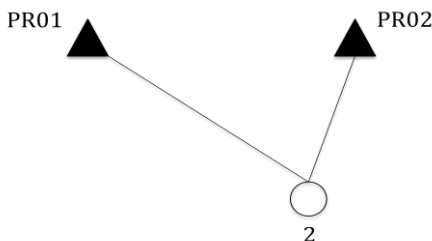


Figura 56: Ilustração de um ponto (2) a ser ajustado por dois pontos de referência (GNSS ou Estação Livre).

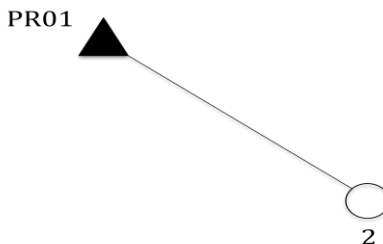


Figura 57: Ilustração de um ponto (2) determinado por um ponto de referência (GNSS).

Nos casos apresentados os novos pontos recebem valores de coordenadas no mesmo sistema dos pontos de referência, no entanto a finalidade do levantamento poderá determinar o método a ser utilizado. Com a necessidade de utilizar de uma rede de referência ou de pontos de referência é que as instituições gerenciadoras do PCM devem normatizar os procedimentos a serem tomados para implantar esses pontos afim de atender as suas necessidades.

3.1.5 Fator de escala (FE)

O fator de escala deve ser utilizado nos levantamento topográficos e geodésicos e tem como objetivo adequar as distâncias medidas pelos instrumentos (trena ou Medidores Eletrônicos de Distâncias - MED) ao sistema de coordenadas da rede ou pontos de referências.

Quando uma rede de referência é implantada, a mesma possui uma tensão entre os pontos que é harmonizada pelo ajustamento das observações, ao se trabalhar com uma Estação Total apoiada à essa rede o instrumento deve se adequar às distâncias entre os pontos com coordenadas conhecidas e que são utilizados como referência. Um método simples de calcular o fator de escala é pela equação 10.

$$FE = \frac{D_{ref}}{D_{campo}} \quad (10)$$

Onde:

FE é o fator de escala

D_{ref} é a distância calculada pelas coordenadas entre pontos de referência;

Dcampo é a distância medida em campo entre pontos de referência.

Essa equação para o cálculo do FE pode ser utilizada para a adequação do instrumento de medição linear a qualquer sistema de coordenadas, seja no Plano UTM, no PTH ou no PTL.

Com o uso de Estações Totais alguns cuidados devem ser tomados para a determinação do fator de escala em campo. Ao realizar a medida da distância em campo o programa interno da Estação Total deve estar configurado com fator de escala com valor 1,000000 e altitude valor 0,000 (zero) para que a medida linear não seja reduzida ao nível do mar.

Ao término da aplicação da fórmula o resultado obtido deve ser inserido na Estação Total para que as novas distâncias sejam adequadas ao sistema de referência. A figura 58 apresenta duas telas da tela da Estação Total Leica TS02 com as configurações iniciais para determinação do fator de escala e a figura 59 apresenta um fator de escala configurado na Estação Total para as medidas de distâncias.

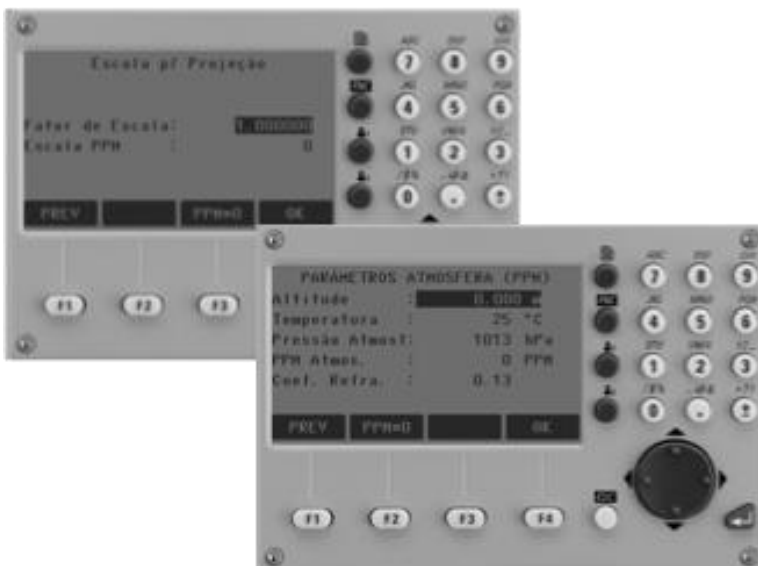


Figura 58: Telas da Estação Total Leica TS 02



Figura 59: Tela da Estação Total Leica TS02 com fator de escala configurado.

Existe também a possibilidade da utilização do fator de escala calculado através de fórmulas matemáticas, aplicável para o casos do Plano UTM. A fórmula do fator K da UTM está apresentada na equação 11. Deve-se também levar em consideração o fator de redução, conforme equação 12:

$$K = \frac{K_0}{\sqrt{1 - [\cos \varphi \cdot \sin(\lambda - MC)]^2}} \quad (11)$$

Onde: φ é a latitude, λ é a longitude do ponto e K_0 tem o valor de 0,9996 para o sistema UTM e MC é o Meridiano Central do fuso UTM.

O fator de redução pode ser calculado através da equação 1

$$Fr = 1 - \frac{H}{Rm} \quad (12)$$

Onde: H é a altitude média dos pontos e Rm o raio médio da Terra (considerado 6.370.000 metros).

Sendo assim calcula-se o fator de escala conforme equação 13.

$$FE = K \cdot Fr \quad (13)$$

A utilização do fator de escala se torna obrigatória para as medições patrimoniais, quando se coletar as coordenadas em tempo real

com o uso de Estações Totais ou quando se utilizar de cálculos manuais através de medições com trenas.

3.2 Finalidades dos levantamentos topográficos e geodésicos do PCM

O principal objetivo de uma levantamento do PCM é a documentação e essas informações servem de suporte para outras atividades e aplicação de instrumentos de preservação. Contudo, os levantamentos possuem finalidades definidas, a primeira para fins de agrimensura/cadastro, a segunda para fins de modelagem do relevo, a terceira para levantamento de detalhes das feições, essa se desdobrando em outras duas finalidades que são os levantamentos específicos e levantamentos expeditos.

Sendo assim, quando for realizado um levantamento do Patrimônio Cultural Material a pergunta a se fazer é: Qual a finalidade do levantamento? Através dessa resposta é que os métodos de levantamento devem ser escolhidos.

3.2.1 Finalidade de Agrimensura e Cadastro

A finalidade da agrimensura é garantir o posicionamento dos limites legais e geometria das propriedades. O cadastro possui um ligação direta com a agrimensura.

Quando o levantamento topográfico e geodésico do Patrimônio Cultural Material tiver relação com um ou mais imóveis a serem tombados, o mesmo deve ser tratado como um problema de agrimensura e cadastro. O tombamento tem influência no direito de propriedade e pode restringir o uso do imóvel, o mesmo ocorre com a chancela de paisagem, que apesar de menos restritiva também possui interferência com a propriedade, pois a mesma passa a ter uma gestão diferenciada.

O tombamento deve ser averbado na matrícula de Registro de Imóveis, as dimensões desse imóvel, assim como as coordenadas devem constar no registro.

Os trabalhos de campo para fins de agrimensura e cadastro devem ser precisos, acurados e controlados na aplicação dos métodos de levantamentos e devem ser apoiados à rede ou pontos de referência bem materializados e consistentes.

Os métodos de levantamentos topográficos e geodésicos apresentados a partir do capítulo 3.3 podem ser utilizados para a finalidade de agrimensura aplicado ao Patrimônio Cultural Material quando esse levantamento envolver os limites legais do imóvel,

demarcações legais e documentação do registro de imóveis e suas respectivas averbações.

Para os levantamentos em áreas rurais, em relação aos limites de propriedades tem-se o exemplo dos parâmetros normativos publicados pelo INCRA.

3.2.2 Finalidade de Modelagem do Relevo

O levantamento planialtimétrico deve ser realizado quando se objetiva exclusivamente para a modelagem do relevo e seus subprodutos como as curvas de nível, declividades entre outros. Xerez (1947a) diz que para representar um terreno é necessário considerar separadamente seu relevo.

Quando realizado esse tipo de levantamento não se faz obrigatória a medição das demais as feições encontradas em campo, caso essas não tenham importância. Esse tipo de trabalho pode ser realizado quando os remanescentes históricos estão abaixo da superfície e o relevo indica onde são os possíveis sítios, assim tem-se uma base para os estudos arqueológicos.

A representação e utilização dos dados medidos em campo podem ser em 2D ou 3D. Em 2D se representa o relevo através de curvas de nível e pontos cotados (XEREZ, 1947a) em uma planta ou desenho CAD. Em 3D se utiliza de ambiente informatizado para estudar o patrimônio com visualização em três dimensões através dos Modelos Digitais de Terreno.

3.2.3 Levantamento de Detalhes – 2D e 3D

No levantamento de detalhes existem três opções, a primeira quando realizado o levantamento planimétrico, desconsiderando a altimetria, assim tem-se dados 2D. A segunda opção é no caso dos levantamentos planialtimétricos de detalhes, nessa situação o detalhe das feições é somado ao levantamento do relevo, a representação e utilização dos dados podem estar em ambiente 2D ou 3D. A terceira opção é o levantamento de detalhes 3D, sem levar em consideração o relevo da planialtimetria e sim as três dimensões do bem patrimonial, por exemplo uma edificação histórica.

As medições dos detalhes do PCM possuem alta demanda, pois é através desse detalhamento que se conhece um sítio arqueológicos, as edificações, os cemitérios, os sambaqui entre outras feições, possibilitando o aprofundamento no conhecimento e pesquisas

arqueológicas. Além do mais se torna importante ferramenta de documentação do bem.

Portanto é importante saber qual a necessidade de documentação do bem e o nível de detalhe que se deseja como produto final, pois esses parâmetros são definidores dos métodos a serem aplicados.

3.2.3.1 Levantamentos Expeditos

Conforme NBR 131333 levantamento expedito tem como característica a exploração do terreno do terreno com a finalidade específica de seu reconhecimento, sem prevalecerem os critérios de exatidão.

O levantamento expedito é aplicado nas medições do Patrimônio Cultural Material quando se tem como objetivo um reconhecimento geral, principalmente quando não se dispõe de nenhum material cartográfico, além da vantagem do custo reduzido, tornando interessante em alguns casos.

3.2.3.2 Levantamentos Específicos

Os levantamentos específicos podem ser aplicados em pequenas áreas ou em locais pontuais em que se objetiva detalhar partes do bem patrimonial em uma resolução maior do que a do levantamento do todo, por exemplo:

- Levantamento de oficinas líticas (rochas);
- Levantamento de perfis estratigráficos localizados em sambaquis;
- Levantamento de detalhes de escavações arqueológicas;
- Levantamento de fachadas ou parte de edificações;
- levantamento de interiores de edificações;
- Levantamento com o uso de fotografias comuns;
- Monitoramento de estruturas de edificações;
- *As built* – Como construído de edificações;
- Locação/demarkação de pontos como apoio aos trabalhos arqueológicos.

3.3 Métodos de levantamentos topográficos e geodésicos

Este capítulo apresenta primeiramente os métodos de medições com as técnicas GNSS, abordando o tipo de processamento, tipo de posicionamento e método de levantamento, posteriormente seguem os métodos convencionais de levantamento e métodos complementares e por fim as técnicas de sensoriamento remoto.

Para a pesquisa e estudo dos métodos de levantamento apresentados no presente capítulo foram utilizadas as referências, do Manual de Posicionamento do INCRA para a terceira edição da norma de georreferenciamento de imóveis rurais, Adreus et al. (2009), Bryan et al. (2009), Monico (2000) Seeber (2003), Jones & McLaren (2003), Hasenack (2000) e Xerez (1947).

Levou-se também em consideração a possibilidade de automação topográfica e processamento informatizado dos dados de campo, pois deve-se pensar na produtividade dos métodos aplicados, fator que interfere no tempo, custo e por consequência na viabilidade do trabalho.

3.3.1 Técnica GNSS

Com o avanço da tecnologia e com a popularização dos sistemas GNSS - Sistema Global de Navegação por Satélite através do sistema norte americano GPS - Sistema de Posicionamento Global (*Global Position System*) e atualmente o reativado sistema de posicionamento russo GLONASS, a produtividade em campo e a precisão com que os equipamentos receptores GNSS são capazes de atribuir coordenadas a um ponto faz com que as medições sejam preferencialmente georreferenciadas.

Três fatores são importantes para as medições por GNSS: 1) quanto a tipo de medição, se por código C/A ou fase da portadora; 2) quanto ao tipo de processamento, se em tempo real ou pós processado e 3) quanto ao tipo de posicionamento.

3.3.1.1 Tipo de medição GNSS

Existem dois tipos de medições por técnica GNSS, o primeiro utilizando o código C/A que através da onda eletromagnética enviada pelo satélite se calcula a pseudodistância entre o mesmo e o receptor GNSS. O segundo pela fase da portadora, que tem como finalidade quantificar as ondas eletromagnéticas que são recebidas pelos equipamentos e conhecer a diferença de fase de partida e de chegada.

O sinal GNSS é enviado pelos satélites em duas frequências, L1 e L2, com diferentes comprimento das ondas eletromagnéticas, o código C/A é transmitido com o sinal L1.

A pseudodistância nas medições pelo código C/A possui esse nome por causa das diferenças dos relógios dos satélites e dos receptores. Os satélites possuem relógios de altíssima precisão, conhecendo-se assim o horário de partida do sinal, no entanto o relógio que calcula o tempo de chegada nos receptores não possui a mesma

precisão, isso gera um erro de tempo, a velocidade de propagação da onda eletromagnética é a velocidade da luz (300.000 Km/s) e através do tempo e velocidade se calcula a pseudodistância.

Outra forma de conhecer a distância entre o satélite e o receptor é pela medição da fase da portadora. A fase é a onda eletromagnética fracionada, dessa forma tem-se a necessidade de conhecer a parte fracionada da onda na partida do sinal (do satélite) e de chegada (no receptor).

Também é necessário conhecer o número de ciclos inteiros entre o satélite e o receptor. A cada instante o número de ciclos inteiros é contado pelo receptor no entanto a fase de partida e chegada continuam a ser descobertas, esse fato gera uma incógnita que a ser calculado pela estatística.

Contudo, na medição pela fase da portadora o cálculo da distância tem maior precisão, entretanto deve-se ter abundância de dados medidos para a solução estatística, além de utilizar equipamentos que permitam esse tipo de medição. Outro fator a ser considerado é necessidade de dois receptores, um de referência (base) e outro como móvel (rover). Segundo Seeber (2003) essa técnica deve ser utilizada nos levantamentos geodésicos.

Quando a incógnita (ambiguidade) a ser calculada estatisticamente apresenta êxito tem-se solução fixa para os vetores, isso mostra que a coordenada é confiável e consequentemente o ponto apresenta boa precisão. Quando não se resolve a ambiguidade a solução é chamada de flutuante, nesse caso a coordenada não é confiável e as precisões são menores do que as da solução fixa. .

Conhecendo as duas frequências e os dois tipos de medições (código C/A e fase da portadora) deve-se conhecer os tipo de processamento de dados deve ser realizado e quais os tipos de posicionamento.

3.3.1.2 Tipo de processamento GNSS

Os dados obtidos por técnica GNSS podem ser pós-processados ou obtidos em tempo real. Ambos tipos de medições (código C/A e fase da portadora) podem ter os cálculos dos dois tipos de processamento. O tipo de processamento está relacionado com o método de levantamento e consequentemente com as precisões do ponto.

O processamento em tempo real é realizado através de técnicas que permitem obter a coordenada do ponto no momento do levantamento, os equipamentos necessários são: um receptor GNSS como base (no ponto de referência), um receptor como rover (nos pontos

a serem mensurados) e uma controladora de dados que tenha *software* específico para realizar os cálculos.

No pós-processamento, os dados são coletados em campo e as coordenadas calculadas em escritório através de programas computacionais específicos, nesse caso não se conhece em campo a qualidade do levantamento.

3.3.1.3 Tipo de posicionamento GNSS

Existem dois tipos de posicionamento, o absoluto (autônomo) e o relativo. O posicionamento absoluto trabalha com apenas uma antena receptora GNSS e quando utilizado com medição pelo código C/A a coordenada do ponto é fornecida instantaneamente (em tempo real), no entanto a precisão do ponto fica na faixa de 15 metros, essa técnica é utilizada pelos receptores de navegação e não tem aplicabilidade para os levantamentos do PCM, salvo para um posicionamento geral da localização dos bens em uma macro escala.

Outro posicionamento autônomo é a do Posicionamento por Ponto Preciso – PPP e nesse caso as precisões obtidas são melhores do que o método descrito anteriormente, pois os receptores tem a capacidade de gravar dados brutos (IBGE,2008). Esse método utiliza-se de pós-processamento.

O posicionamento relativo necessita de no mínimo dois receptores GNSS. O usuário necessita de dados de uma base de rastreio para que possa ter os dados de uma base fixa que esteja em funcionamento no mesmo tempo em que foi utilizado o outro receptor (Monico, 2000).

Essa técnica possui maior precisão em relação ao método absoluto, pois se pode eliminar erros que ocorrem nos dois receptores em um mesmo instante.

Os métodos de levantamento para o posicionamento relativo são: a) Estático, b) Estático rápido; c) Semicinmático ou *Stop and Go*; d) Cinemático Contínuo; e) DGPS – Diferencial GPS; f) RTK – Cinemático em tempo real.

3.3.2 Método Absoluto de Levantamentos GNSS

3.3.2.1 Posicionamento por Ponto Preciso - PPP

O Posicionamento por Ponto Preciso - PPP ou também conhecido por Posicionamento Absoluto Preciso, no Brasil é um serviço prestado pelo IBGE, que consiste no processamento de dados GNSS coletados

com um receptor sem a necessidade de bases de referência. Os dados de campo devem ser enviados ao IBGE via página na internet e o mesmo retorna com um relatório das coordenadas.

Os dados são processados utilizando o *datum* SIRGAS 2000 como referência e para o Brasil estão disponíveis os cálculos de dados coletados a partir de 25 de fevereiro de 2005, momento em que o país adotou o referido *datum* (IBGE 2014).

O método PPP tem como finalidade minimizar erros de correção de relógio, ionosfera, troposfera, temperatura e pressão utilizando das efemérides precisas dos satélites para os cálculos. Esse método não realiza ajustamento das observações em relação às bases do SGB, por isso o posicionamento é absoluto, mas tem-se boa precisão aplicando esse método.

As orientações dadas pelo IBGE são para que o usuário realize o levantamento de um ponto utilizando apenas receptores capazes de coletar os dados da fase da portadora, os arquivos dos rastreios devem ser encaminhados para o *upload* um arquivo em formato RINEX compactado pela página <http://www.ppp.ibge.gov.br/ppp.htm>

A partir de novembro de 2013, o IBGE orienta que após o rastreo deve-se aguardar no mínimo 2h30m, para fazer *upload* os dados quando se utiliza somente do sistema GPS e aguardar no mínimo 36 horas para rastreios nos demais sistemas GNSS.

Não existe tempo mínimo de rastreo para o método estático e as precisões podem ficar na casa do centímetro, para o método cinemático as precisões devem ficar na casa do decímetro (MATSUOKA et al. 2009) e (IBGE, 2009). No entanto as precisões esperadas são com rastreios a partir de uma hora.

Nos relatórios de processamento o IBGE disponibiliza uma tabela com as precisões esperadas (tabela 9) relacionadas com o tempo e com o tipo de receptor utilizado no levantamento.

Tabela 9: Tabela de precisão esperada em metros (PPP-IBGE)

	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,450	1,000	0,030	0,050
Após 2 horas	0,300	0,800	0,015	0,025
Após 3 horas	0,200	0,500	0,006	0,015
Após 4 horas	0,180	0,400	0,004	0,010

O método PPP pode ser utilizado para implantação de pontos de referência quando utilizado no método estático com receptores de dupla frequência e para levantamentos expeditos ou com maiores tolerâncias

de precisão quando utilizado do método cinemático e equipamentos de uma frequência.

3.3.3 Métodos Relativos de Levantamento GNSS

3.3.3.1 Método Estático

O nome do método já apresenta a principal característica do mesmo, os receptores permanecem instalados nos pontos de “base” (ponto com coordenadas conhecida) e “rover” (ponto a ser conhecido) por um determinado tempo, que pode variar de vinte minutos até algumas horas (IBGE, 2008) e (Monico 2000) o tempo de permanência está relacionado com a distância entre a base e o rover.

Os dados coletados no método estático são pós-processados através de *softwares* específicos. Esse método pode ser utilizado tanto para fins de agrimensura e cadastro quando para levantamento de detalhes. O principal objetivo é implantar os pontos ou rede de referência, principalmente para os transportes de coordenadas do SGB aos locais dos levantamentos. A figura 60 apresenta uma ilustração do pós processamento do método estático.

O produto gerado através do método estático é uma lista de coordenadas, vetores entre os pontos e precisões, podendo ser exportados para ambiente de desenho, para tabelas e relatórios. Também é possível ter o relatório de ajustamento e de fechamento de rede quando essa etapa for realizada.

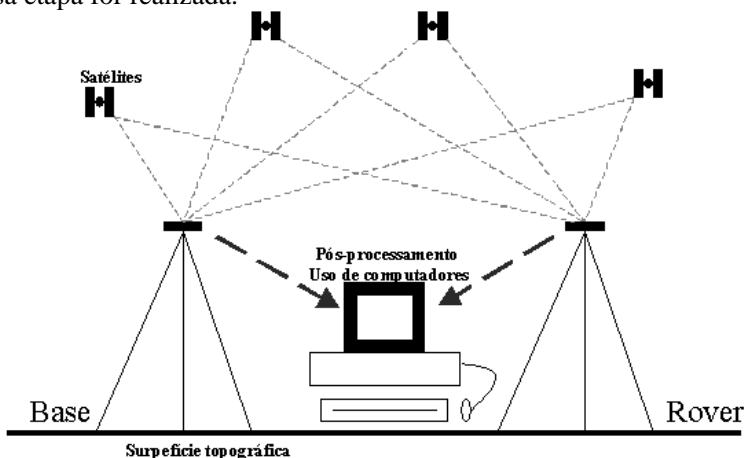


Figura 60: Esquema ilustrativo do pós-processamento no método estático.

3.3.3.2 Método Estático Rápido

O método estático rápido segue em linhas gerais o mesmo princípio do método estático. A diferença é no período de ocupação, que são menores do que vinte minutos (IBGE, 2008) e (Mônico, 2000). Esse método é utilizado para levantamentos com necessidade de maior produtividade e a distância entre a base e o rover é pequena. No método estático rápido os dados são pós-processados.

O método relativo estático rápido deve ser utilizado para implantação de pontos de referência para apoio aos levantamentos aplicados ao PCM, partindo de uma base ajustada ou levantamento das feições de interesse quando a quantidade de pontos for pequena, pois caso contrário se torna improdutivo.

O produto gerado na aplicação desse método é o mesmo do método estático.

3.3.3.3 Método Stop and Go

No método semicinemático ou *stop and go*, um dos receptores fica instalado em um ponto de coordenada conhecida (base) e o receptor rover faz o levantamento dos pontos de interesse, nesse método o tempo de permanência no ponto a ser conhecido é curto, que pode variar de alguns segundos até poucos minutos. Na aplicação desse método o receptor fica ligado constantemente e evita-se a quebra do sinal em dez minutos no início do trabalho e essa quebra deve se evitada durante o levantamento, por isso é indicado em boas condições de rastreo. No método *Stop and Go* os dados são pós processados.

O produto gerado pela aplicação deste método é uma lista de coordenadas dos pontos levantados e a mesma pode ser exportada para ambiente de desenho e gerar um relatório.

O método *Stop and Go* é indicado para o levantamento de feições e detalhes e eventualmente para a determinação de um ponto de referência para apoio de levantamentos de detalhes.

3.3.3.4 Método cinemático contínuo

No método cinemático contínuo, como o próprio nome diz é um método em que o receptor GNSS rover está em movimento continuamente. Nesse método a base fica ocupando um ponto de coordenada conhecida e o equipamento rover faz o percurso necessário para o levantamento gerando uma série de pontos, que podem formar linhas e áreas.

O equipamento pode ser configurado para coletar pontos a uma distancia ou tempo pré-determinado. O método cinemático contínuo também é pós processado.

O produto final da aplicação desse método, são pontos, linhas e polígonos formados no momento do levantamento, todos esses parâmetros são informados em campo. Os dados de campo podem ser exportados para ambiente de desenho.

O método cinemático contínuo deve ser utilizado para levantamento de detalhes do PCM e levantamentos expeditos.

3.3.3.5 Método DGPS

O método DGPS se configura por determinar ao posicionamento do ponto (rover) aplicando as correções através de bases de monitoramento, ou estações de referências (SEEBER, 2003). Essas correções são realizadas utilizando o código C/A. O processamento pode ser em tempo real ou pós processado.

No pós processamento através do código C/A, é necessário ter os dados brutos de uma base de referência, assim como coletar os dados do rover. Em ambos os processamentos a precisão esperada é de ± 1 m a 3m, dependendo da distância da base.

Existe a possibilidade de no processamento dos dados utilizar informações da fase da portadora juntamente ao código C/A, essa técnica é conhecida como código suavizado e permite uma melhora na precisão que pode ficar em torno de 0,5m (SEEBER, 2003).

Considerando esse contexto a técnica DGPS é viável para um levantamento expedito de reconhecimento da área e não sendo recomendado para os levantamentos de detalhes que necessitam de maior precisão.

3.3.3.6 Posicionamento Cinemático em Tempo Real - RTK

O método RTK é caracterizado pela obtenção, em tempo real, das coordenadas precisas do ponto a ser mensurado, utilizando a fase da portadora. Para esse tipo de levantamento é necessário um ponto com coordenada conhecida, onde o receptor base é instalado, uma controladora de dados e um meio de comunicação entre a base e o rover. Esse meio de comunicação é que permite a correção em tempo real, geralmente via rádio.

No início do trabalho a coordenada da base é informada em um programa específico gerenciador de dados e inicia o envio da correção. No receptor rover a configuração é feita para receber a correção da base.

No momento do levantamento é possível ter a coordenada do ponto, altitude geométrica, as precisões horizontais e vertical e o tipo de solução, portanto, assim se conhece a qualidade do ponto que está sendo mensurado.

No método RTK, ao término do trabalho, tem-se uma lista de coordenadas e a mesma é transferida ao computador. A figura 61 apresenta uma ilustração do método RTK.

O método RTK deve ser aplicado para levantamento de detalhes e implantação de pontos de referência para fornecer apoio aos trabalhos com Estação Total. A limitação do método RTK é em relação a distância da base ao rover por motivo de alcance do rádio.

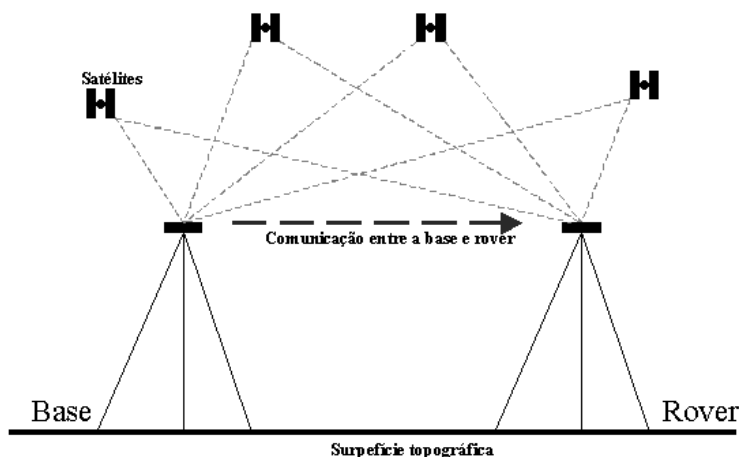


Figura 61: Esquema ilustrativo do processamento em tempo real no método RTK.

3.3.3.7 RTK em Rede via NTRIP

Com a popularização e modernização dos receptores e programas computacionais novas tecnologias surgiram nos últimos anos no Brasil, com intenção de melhorar a precisão e aumentar a produtividade alguns métodos foram desenvolvidos, entre eles o RTK em rede. Esse método é utilizado na Europa, a Alemanha possui a rede SAPOS desde 1996 e na região da Catalunha tem-se a rede CATNET desde 2006 (BARBOSA et al., 2010).

O método RTK em rede tem como característica o uso de mais de uma base de referência para o envio das correções. O uso de diversas bases aumenta a qualidade do ponto a ser determinado e possibilidade

ampliar a distância entre a base e o rover quando comparado com o método RTK.

As bases de referências em campo enviam informações de correção a uma Base Virtual de Referência e o rover é conectado à mesma através de comunicação na internet via GSM pelo protocolo de comunicação NTRIP. A desvantagem no Brasil é a falta de cobertura do sinal GSM, o mesmo utilizado nos telefones celulares, pois os receptores utilizam dessa tecnologia com o pacote de dados de internet para se comunicar Base Virtual de Referência.

Em relação ao serviço prestado atualmente, as bases do IBGE (RBMC) ainda possuem distâncias longas entre si (BARBOSA et al., 2009), e por esse motivo empresas privadas estão implantando bases e comercializando esse serviço.

A figura 62 ilustra o método RTK em rede, os triângulos em preto são os pontos da Rede de Referência e o círculo preto a Base Virtual de Referência, os círculos brancos os pontos a serem determinados em campo.

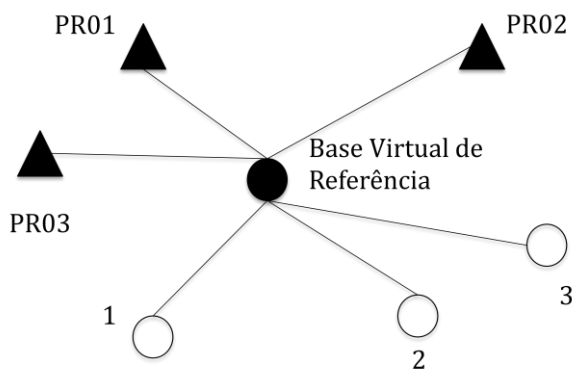


Figura 62: Ilustração do método RTK em rede.

Esse método é aplicável para levantamento de detalhes do PCM e pode ser utilizado para implantação de pontos de referência para apoio ao próprio levantamento de detalhes, mas deve-se observar as precisões do ponto a ser determinado. O produto final é o mesmo do método RTK.

3.3.3.8 RTK NTRIP

O método NTRIP é caracterizado pelo uso da comunicação GSM, similar ao RTK em rede. O IBGE disponibiliza um serviço chamado RBMC-IP, algumas bases da RBMC tem disponibilidade do uso do NTRIP, o usuário pode se cadastrar no site do IBGE e utilizar um número limitado de bases sem custo.

Em campo o rover deve ter uma controladora de dados e um chip de telefonia celular com pacote de dados de internet. O IBGE disponibiliza o endereço de IP da base. O resultado do levantamento é apresentado instantaneamente na tela da controladora.

Esse método pode ser aplicado para o levantamento de detalhes, eventualmente, quando o rover tiver próximo da base também pode ser utilizado para pontos de referência, pois quanto maior a distância entre base e rover menor é a precisão.

3.3.4 Métodos Convencionais de Levantamentos

Os métodos convencionais de levantamentos, ou métodos clássicos, estão consolidados e as melhorias realizadas nos últimos anos foi a automação topográfica para os cálculos e desenhos dos dados mensurados em campo, além de adaptações dos equipamentos analógicos para equipamentos eletrônicos, tornando os levantamentos mais produtivos e por vezes mais precisos.

Estão elencados nesse capítulo os métodos de levantamento que possuem boa produtividade, passíveis de automação topográfica e estão em uso pelos profissionais da área de mensuração.

Os métodos menos produtivos, mas passíveis de utilização foram classificados como métodos complementares, por não serem viáveis para o levantamento completo, e sim por serem úteis em casos específicos.

3.3.4.1 Método por Coordenada Polar (Irradiação)

O método de levantamento de coordenada polar, ou método polar, também conhecido como irradiação, consiste no levantamento de ângulos e distâncias do ponto de origem (pólo) em direção as feições de interesse. Com o advento das Estações Totais os dados são armazenados na memória para pós-processamento em programa de automação topográfica.

Esse método permite a coleta de dados em abundância de um único ponto para que no processamento sejam utilizados valores médios, nesse caso os pontos de maiores interesses e relevância, como os

vértices de imóveis, podem ser mensurados mais de uma vez de uma mesma Estação de trabalho. Recomenda-se utilizar séries de leituras conjugadas no ponto de orientação (ré), nos pontos de vante onde são instaladas as estações seguintes para o levantamento e nos pontos importantes que necessitem de maior precisão.

A figura 63 mostra uma ilustração do método polar, do ponto de estação PR01 mostra-se o azimuth em direção à ré (PR02), o azimuth e distância em direção ao ponto irradiado na igreja. Neste caso os pontos PR01 e PR02 possuem coordenadas conhecidas e são utilizados como referência para o processamento dos dados.

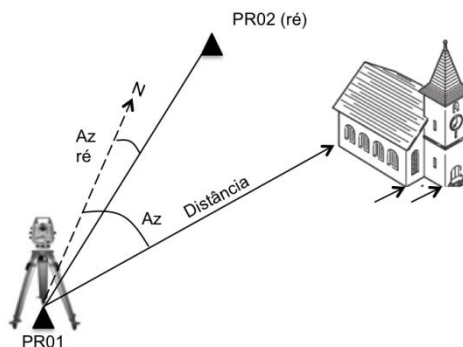


Figura 63: Exemplo de levantamento pelo método polar

Quando utilizado o Plano UTM as distâncias topográficas medidas em campo devem ser adequadas ao sistema de projeção, por se tratar de um método de pós-processamento, a Estação Total deve estar com o fator de escala configurado com valor 1,000000 e altitude com valor zero.

Os programas de automação topográfica estão preparados para transformar as distâncias do Plano Topográfico Horizontal para o Plano UTM, aplicando a redução ao nível do mar e a projeção cartográfica.

Em campo não existe a necessidade de informar as coordenadas dos pontos de referência, esses dados devem ser inseridos no *software* de automação topográfica para o processamento dos dados.

As aplicações no PCM para esse métodos são: para fins de agrimensura e cadastro e detalhes do terreno e relevo. Deve-se observar a precisão e qualidade dos pontos de referências para que as necessidades dos levantamento sejam atendidas.

3.3.4.2 Método de Coordenadas Retangulares

O método de levantamento por coordenadas retangulares tem como objetivo coletar em campo os valores das coordenadas dos pontos de interesse em tempo real, sem a necessidade de cálculo e pós-processamento. Também é um método de irradiação, os programas internos da Estações Totais realizam a conversão dos ângulos e distâncias (coordenadas polares) para o sistema de coordenadas plano-retangulares X, Y e Z do PTH ou E, N e Z do Plano UTM.

Por não haver cálculos e correções de pós processamento, nesse tipo de levantamento é obrigatório o uso do fator de escala para adequar as distâncias medidas em campo com o sistema da rede ou pontos de referência, esse cuidado deve ser tomado em campo no momento das medições.

A aplicação do método se configura na ocupação de um ponto com coordenada conhecida e orientação (ré) em ponto com coordenada ou azimuth conhecido. A figura 64 mostra uma ilustração do método com a indicação das coordenadas E e N da Estação Total e dos pontos medidos na igreja.

O ponto PR01 de coordenada conhecida tem a Estação Total instalada e a orientação é realizada no ponto de ré (PR02), ambas as coordenadas devem ser informadas no programa interno do equipamento. As duas setas representam as medições de pontos na igreja e as coordenadas E e N são obtidas no momento da medição, as mesmas são gravadas na memória do instrumento.

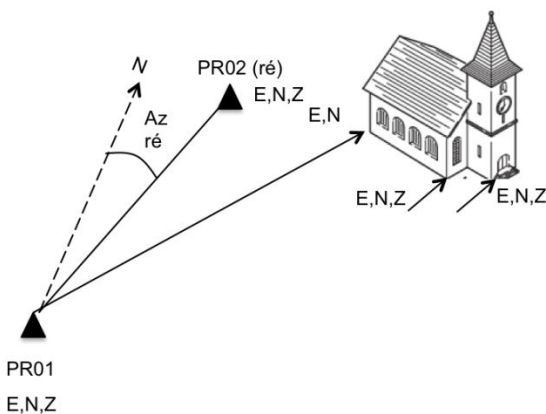


Figura 64: Exemplo do levantamento por coordenadas retangulares

O método de coordenadas retangular pode ser aplicado para medir os imóveis para fins de agrimensura e cadastro quando apoiado a pontos de referência com boa precisão e os detalhes do terreno e das feições dos bens patrimoniais.

3.3.4.3 Poligonação

A poligonação é um método de levantamento que tem como finalidade demarcar/implantar pontos de referência para fornecer apoio aos levantamentos. Nas redes clássicas as mesmas eram apoiadas aos vértices de triangulação (XEREZ, 1947b). Atualmente os pontos de partida são obtidos com técnicas GNSS quando o trabalho é georreferenciado, ou no caso da utilização do Plano Topográfico Horizontal XEREZ (1947b) recomenda a orientação ao norte magnético.

Uma prática comum nos dias de hoje é a implantação de poligonais para trabalhos que não se configure uma rede geodésica de referência e sim quando se tem a necessidade de implantar pontos de apoio às irradiações.

É comum no Brasil que durante a implantação das Poligonais sejam também realizadas as irradiações aos pontos de interesse. Isso ocorre pela inexistência das redes de referência em nível municipal ou de levantamento com densidade adequada a dar suporte aos profissionais, neste caso a Poligonação se torna um método bastante utilizado em nosso país, mas para atender necessidades pontuais, sem um conceito de utilização por todos os profissionais da área de mensuração.

Neste capítulo estão descritos os procedimentos das poligonais tipo 1, tipo 2 e tipo 3 (NBR13133) e além delas a poligonal aberta, não prevista na norma técnica.

A poligonal aberta é usual entre os agrimensores e recomendada por Adreus (2009) para o levantamento aplicados ao Patrimônio Cultural Material, por esse motivo a mesma tem um sub-capítulo dedicado ao seu estudo.

As Poligonais tem como característica o pós-processamento, através de programas específicos de automação topográfica, dos dados de campo armazenados na memória da Estação Total.

3.3.4.3.1 Poligonal Fechada – Tipo 1

Segundo a NBR13133 a poligonal Tipo 1 (fechada) tem como característica que o ponto de partida das medições é o mesmo de chegada.

A orientação para esse tipo de poligonal pode se configurar de duas formas, a primeira consiste em que o ponto de orientação (Ré) está localizado nas próprias linhas do polígono (figura 65) e a segunda opção se configura pela orientação não fazer parte das linhas do polígono (figura 66).

Em campo são coletados ângulos e distâncias, cada Estação funciona como o método polar, mas quando o caminhamento tem uma sequência lógica todas as Estações se integram para fechar o polígono.

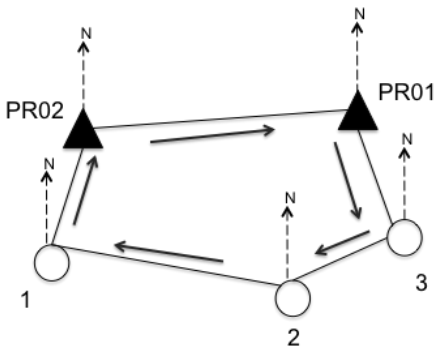


Figura 65: Poligonal fechada com orientação na poligonal
Triângulos em preto representam os pontos com coordenadas conhecidas.

A sequência da poligonal (figura 65) pode ser visualizada na tabela 10, a coluna do meio representa a Estação, a da esquerda o ponto de ré e da direita o ponto de vante. Na configuração dessa poligonal a última vante é o ponto de partida da poligonal.

Tabela 10: Sequência da poligonal fechada com orientação interna

Ré	Estação	Vante
PR01	PR02	1
PR02	1	2
1	2	3
2	3	PR01
3	PR01	PR02

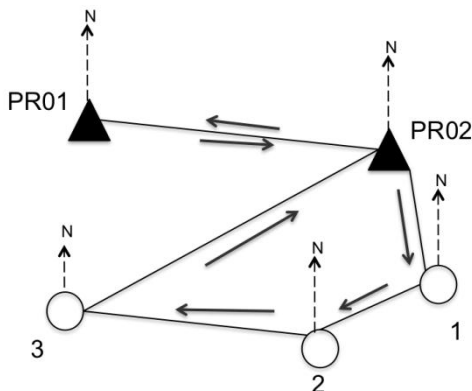


Figura 66: Poligonal fechada com orientação não coincidente com a poligonal. Triângulos em preto representam os pontos com coordenadas conhecidas.

A tabela 11 mostra a sequência da poligonal representada na figura 66. É possível perceber que a última Estação é o mesmo ponto da primeira e a última Vante é o mesmo ponto da primeira Ré.

Tabela 11: Sequência da poligonal com orientação externa.

Ré	Estação	Vante
PR01	PR02	1
PR02	1	2
1	2	3
2	3	PR02
3	PR02	PR01

Por se tratar de uma Poligonal onde o ponto de partida e chegada tem coordenadas conhecidas é possível calcular o erro de fechamento angular e linear e verificar se os mesmos estão dentro da tolerância estabelecida pela norma técnica ou pelo tipo de serviço.

Os dois tipos de poligonal fechada podem ser aplicados para a implantação de rede e pontos de referência para apoiar os levantamentos do PCM. Os pontos de interesse podem ser mensurados simultaneamente à implantação da poligonal.

3.3.4.3.2 Poligonal Enquadrada

A Poligonal Enquadrada é configurada por ter ponto e orientação de partida diferente de ponto e orientação de chegada. Para a aplicação do método é necessário dois pontos de coordenadas no início da

Poligonal, onde o instrumento é instalado em um dos pontos e o outro serve para orientação de ré e outros dois pontos com coordenadas conhecidas de chegada, um para a última Estação (ocupação) e outro para a última leitura de vante.

A Poligonal Enquadrada tipo 2 tem seu desenvolvimento curvo podendo haver mudanças de direções mais acentuadas. A Poligonal Tipo 3 tem o desenvolvimento retilíneo, nesse caso imagina-se uma linha reta de referência entre a primeira e a última Estação e a Poligonal se desenvolvendo em torno desta linha. Esse tipo de Poligonal é utilizado para o adensamento de rede de referência.

A Poligonal Enquadrada fornece um resultado mais confiável em relação a Poligonal Fechada, por eliminar erro de rotação. A figura 67 apresenta uma ilustração da Poligonal Tipo 2 e a tabela 12 apresenta a sequência da mesma.

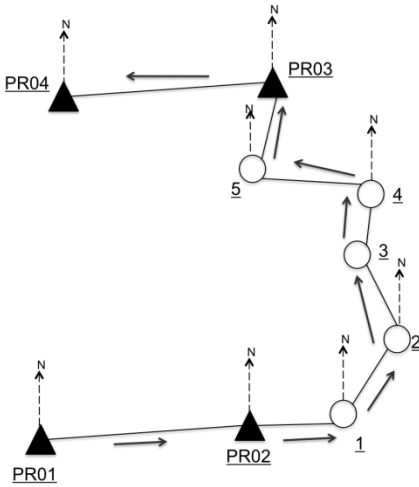


Figura 67: Poligonal Enquadrada Tipo 2.

Tabela 12: Sequência da Poligonal Tipo 2

Ré	Estação	Vante
PR01	PR02	1
PR02	1	2
1	2	3
2	3	4
3	4	5
4	5	PR03
5	PR03	PR04

A figura 68 mostra um esquema de um Poligonal Tipo 3 e a tabela 13 a sequência da mesma.

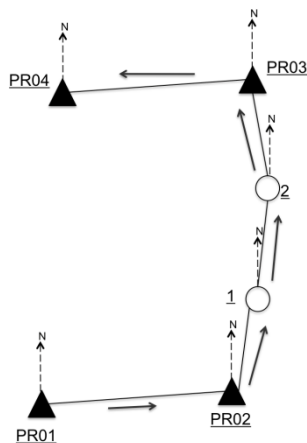


Figura 68: Poligonal Enquadrada Tipo 3

Tabela 13: Sequência da Poligonal Tipo 2

Ré	Estação	Vante
PR01	PR02	1
PR02	1	2
1	2	PR03
2	PR03	PR04

A Poligonal Enquadrada deve ser utilizada para implantação de pontos ou rede de referência para todas as finalidades de levantamentos do PCM.

3.3.4.3.3 Poligonal Aberta

A poligonal aberta é caracterizada por não possuir um fechamento em ponto com coordenada conhecida, nesse caso não se conhece os erros angulares e lineares. São necessários dois pontos de referência de partida, um para a primeira Estação e outro para orientação ré. A figura 69 mostra uma ilustração da Poligonal Aberta com dois pontos de partida (PR01 e PR02) e com os demais pontos do desenvolvimento da Poligonal.

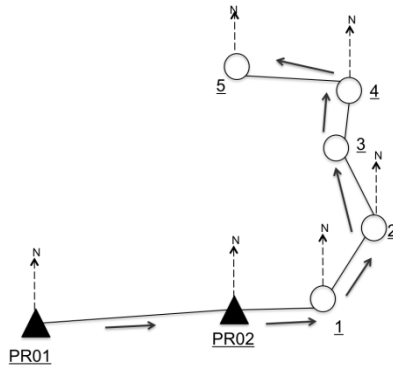


Figura 69: Poligonal Aberta

Mesmo não possuindo erros de fechamentos existe uma maneira de realizar um controle de qualidade. Esse procedimento é realizado como a coleta de dados em abundância de alguns pontos em campo, sendo que esses pontos devem ser medidos de Estações Poligonais distintas. Cada medição gera uma coordenada para o ponto e a comparação entre elas fornece valores de discrepâncias.

Outra técnica que pode ser adotada é em relação ao número de séries de leituras conjugadas na posição direta e inversa da luneta.

A figura 70 mostra uma ilustração do procedimento de controle a ser tomado em campo. O ponto 50 é medido a partir da Estação 2 e da Estação 3, o ponto 62 é mensurado da Estação 3 e da Estação 5, em ambos os casos cada ponto terá duas coordenadas que não terão os mesmos valores e a comparação entre esses valores fornece um indicativo de qualidade do levantamento.

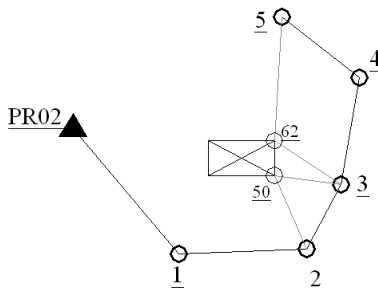


Figura 70: Exemplo de medição de um mesmo ponto de distintas Estações

A Poligonal Aberta pode ser utilizada na implantação de pontos de referência para o levantamento de detalhes e em última opção para levantamentos com fins de agrimensura e cadastro, nesses casos só se deve utilizar esse tipo de Poligonal se as outras opções de Poligonal Tipo 1,2 e 3 tiverem que ser descartadas.

No trabalho de campo a Poligonal Aberta deve ser planejada como a finalidade de ser coletados os pontos de controle, sendo essa tarefa obrigatória para se conhecer a qualidade do trabalho.

3.3.4.4 Método de Estação Livre (EL)

O método de Estação Livre (também é conhecido como Interseção a ré ou Resseção) é utilizado quando necessita-se obter, o posicionamento de um ponto com relação a outros de uma rede ou pontos de referência de um sistema de coordenadas.

Nesse método inicialmente as coordenadas do ponto de Estação são desconhecidas e existe um certo grau de liberdade para a instalação do instrumento. Essa liberdade depende principalmente da intervisibilidade aos pontos de referência, bem como aos novos pontos a serem levantados ou demarcados a partir do ponto de Estação Livre.

Para que o método seja aplicado são necessários no mínimo dois pontos de referência, entretanto a partir de três pontos se tem maior homogeneidade com a rede. A recomendação de Kahmen & Faig (1998) é que se utilize o mínimos de três pontos e o máximo de quatro pontos da rede, para a adequação do ponto EL aos seus vizinhos.

O método de Estação Livre tem solução com medições angulares ou como medições angulares combinada com medições lineares. Dois exemplos que podem ser citados com solução de medidas angulares são: Pothenot e Hansen. Segundo Müller (1945), o problema de Pothenot e Hansen são utilizados para determinação de pontos fixos através de triangulação com medidas angulares.

A solução angular do método EL submete o sistema angular da Estação Total a uma rotação nos eixos, pois o equipamento não está orientado no mesmo sistema dos pontos de referência.

A figura 71 apresenta um desenho contendo os eixos do sistema da Rede de Referência (linhas contínuas) e os eixos do sistema da Estação Total (linha tracejada).

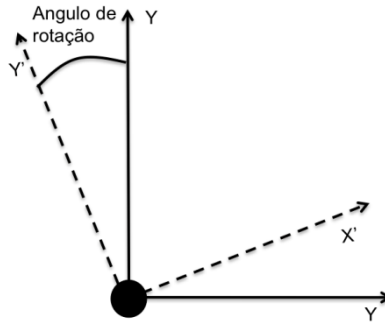


Figura 71: Eixos do Sistema da Rede de Referência e do Sistema da Estação Total

Quando se usa também a medição linear, as distâncias medidas com a Estação Total devem ser adequadas aos pontos de referência através do fator de escala. A transformação de Helmert é um exemplo de solução para esse caso (angular e linear).

Conquanto, os atuais medidores eletrônicos de distância facilitaram a aplicação do método de Estação Livre com medições angulares e lineares, pois se conhece ambos os erros das medições e tem-se dois parâmetros de medidas para determinar o posicionamento do ponto EL.

A figura 72 mostra um exemplo do método de Estação Livre no caso de medições angulares e lineares, o ponto P0 será determinado através das leituras angulares e a distância aos pontos P1, P2 e P3, que estão representados por desenhos de prismas refletores.

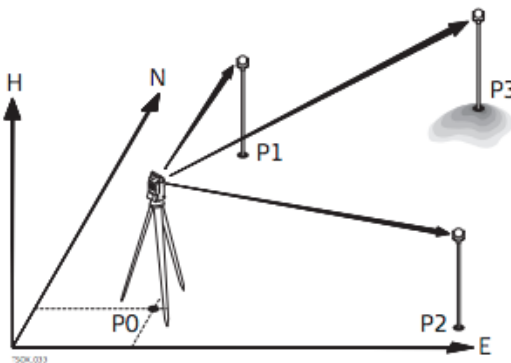


Figura 72: Método Estação Livre por medições lineares e angulares

Fonte: Leica TS 02 User Manual

No método EL aplicado com medições lineares é obrigatória a utilização do fator de escala, algumas marcas de Estação Total possuem em seu programa interno uma rotina que calcula automaticamente esse parâmetro, quando for utilizados equipamentos que não realizam esse cálculo o mesmo deve ser feito previamente à aplicação do método.

Existem três finalidades para a aplicação do método de Estação Livre no PCM: 1) Adensamento de rede e de pontos de referência; 2) apoio imediato ao levantamento topográfico e geodésico e 3) apoio imediato à demarcação/locação.

Quando utilizado para a finalidade de adensamento de rede de referência os novos pontos (EL) devem ser documentados em monografias com a finalidade de futura utilização. Cabral et al. (2013) e Hasenack (2013) destacam a importância dessa documentação no sistema cadastral, e nos levantamentos de campo.

Ao determinar a Estação Livre a mesma obtém uma coordenada e fica orientada no mesmo sistema dos pontos de referência utilizados. A partir desse momento pode-se levantar novos pontos ou demarcar pontos com coordenadas de um projeto, por exemplo.

No apoio imediato para fins de agrimensura e cadastro aplicados ao PCM é importante a materialização do ponto EL. Se a finalidade for levantamento de detalhes, principalmente para pontos de relevo para geração de curva de nível, deve-se observar as condições para verificação da necessidade de demarcação do ponto.

Nas ocasiões que o método EL for utilizado para locação e demarcação em campo também deve-se avaliar a necessidade de materialização do ponto da Estação. Dessa forma é melhor ter pontos de referências bem determinados, assim a liberdade de instalação do equipamento é maior. Essa técnica pode ser utilizada na demarcação da malha quadrangular nos trabalhos de salvamento dos sítios arqueológicos.

Portanto o método de Estação Livre é indicado e recomendado para adensamento de rede de referência, implantação de pontos de referência para posterior levantamento para todas as finalidades da mensuração do PCM.

3.3.4.5 Altimetria e Nivelamento

O PCM tem a necessidade de trabalhar com dados altimétricos, apesar de não utilizar rotineiramente as técnicas de nivelamento de precisão, a altitude é um parâmetro importante nos levantamentos de campo.

Assim sendo, a técnica GNSS se torna viável para a determinação altimétrica dos pontos de referência a serem implantados, bem como as técnicas de Poligonação e Estação Livre.

É importante que os levantamentos altimétricos utilizem o *datum* de Imbituba. No uso de técnicas GNSS deve-se calcular ondulação geoidal, pois essa técnica fornece a altitude geométrica (referenciada no elipsóide) do ponto e para torná-la referenciada ao nível médio dos mares é necessário corrigi-la para o geóide, atualmente pode-se utilizar o programa MAPGEO 2010 disponibilizado pelo IBGE.

Os trabalhos de nivelamento de alta precisão (nivelamento geométrico) não possuem aplicações rotineiras para o levantamento do PCM, por se tratar de técnicas que são utilizadas na engenharia, com alta precisão, a sua aplicação no PCM pode ter um elevado custo e deve-se avaliar a sua aplicação. Além do mais, a rede altimétrica de precisão brasileira está se perdendo e atualmente é dificultoso encontrar referências oficiais em campo.

O nivelamento de precisão tem duas técnicas; o geométrico e o trigonométrico. O nivelamento geométrico é utilizados para transporte de Referências de Nível (RN). Neste caso utiliza-se de equipamentos específicos, conhecidos como níveis.

O nivelamento trigonométrico pode ser realizado com a Estação Total ou teodolitos e utiliza dos ângulos verticais para os cálculos dos desníveis.

Para o PCM o nivelamento geométrico pode ser utilizado em um controle de estruturas de uma edificação histórica.

As técnicas de nivelamento são utilizadas para conhecer os desníveis entre pontos de uma escavação arqueológicas e de um perfil estratigráfico ou em qualquer momento em que a diferença de nível entre os pontos tenha importância.

Os instrumentos utilizados podem variar desde o nível de pedreiro até o uso de Estações Totais ou Níveis Digitais. O equipamento e técnica a ser utilizada dependerá da tolerância e da precisão do levantamento altimétrico.

3.3.4.6 Locação/Demarcação

A locação ou demarcação de pontos em campo é o passo inverso ao levantamento, neste caso se conhece as coordenadas amarradas a um sistema e objetiva-se demarcar pontos em campo.

Para a locação de pontos se utiliza das ferramentas da Estação Total que trabalham com coordenadas, todavia existem programas internos nos equipamentos que auxiliam nas tarefas práticas.

Uma aplicação da locação para o PCM é na demarcação da malha quadrangular para os estudos de prospecção arqueológica e delimitação de sítios, assim como nos salvamentos.

A figura 73 mostra uma aplicação da Estação Total Leica TS02 que possui um programa interno de locação de malha, através das informações configuradas no equipamento o usuário é orientado em tela para a abertura angular e medida da distância para chegar no ponto e demarcar uma malha em campo.

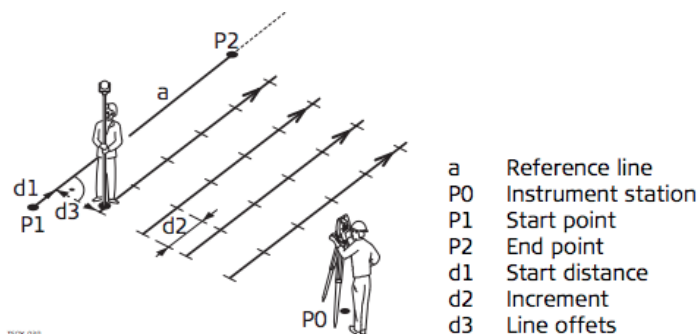


Figura 73: Exemplo da locação em malha.

Fonte: Leica TS 02 User Manual

Outra finalidade da locação é fornecer suporte às restaurações dos bens patrimoniais, de acordo com um projeto pode-se em campo materializar os pontos a serem utilizados na restauração ou em reconstruções.

3.3.4.7 Métodos convencionais complementares

Os métodos complementares são utilizados em casos específicos por não se tratarem de métodos produtivos para a realização de um levantamento de maior porte.

Os métodos anteriormente descritos se tornam produtivos e usam da automação topográfica quando utilizam a Estação Total, nos casos dos métodos complementares esse instrumento também pode ser usado, no entanto podem ser integrados ao levantamento teodolitos e trenas.

A pesquisa neste sub-capítulo leva em consideração os seguintes métodos: Método do alinhamento, método de interseção e método da trilateração.

3.3.4.7.1 Método do Alinhamento

O método do alinhamento se caracteriza pelo uso de medições lineares. A referência para as medições são alinhamentos entre dois pontos de referência ou com coordenadas conhecidas.

São realizadas medições de distâncias entre os pontos de coordenadas conhecidas e distâncias parciais onde se deseja implantar o ponto no alinhamento. Esse método cria uma densa rede de sistemas lineares (HASENACK, 2000)

A figura 74 apresenta um exemplo ilustrativo da aplicação do método do alinhamento a partir de pontos de uma Poligonal Fechada. Os pontos PR01, PR02, simbolizados por triângulos pretos formam um alinhamento e com a medição de uma distância parcial implanta-se o ponto A, esse se situa na interseção do alinhamento da feição a ser mensurada, essa interseção se dá pelo prolongamento das linhas da edificação a partir dos pontos 12 passando pelo ponto 8 até o alinhamento PR01-PR02.

Os instrumentos utilizados são trenas e balizas ou também a Estação Total com bastões e prismas refletores. Os dados de campo devem ser anotados em um croqui para o cálculo em escritório.

Nos cálculos do método do alinhamento se considera o fator de escala baseado na distância entre os pontos com coordenadas conhecidas e a distância medida com a trena ou Estação Total. Com o fator de escala da distância total do alinhamento calculado o mesmo pode ser aplicado para as distâncias parciais.

O objetivo final é conhecer as coordenadas do ponto representado em vermelho (figura 74) para as mesmas serem inseridas no desenho existente.

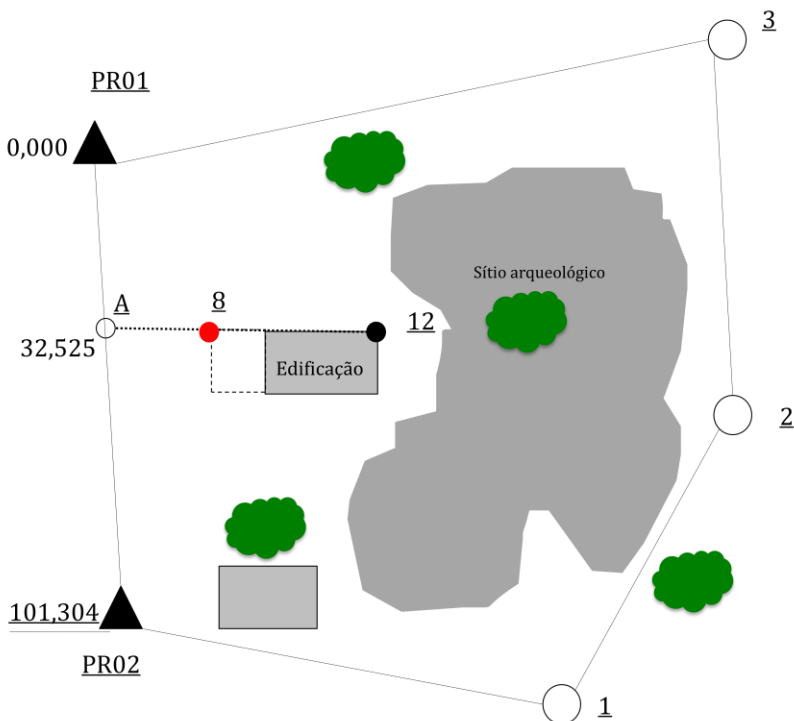


Figura 74: Exemplo ilustrativo da aplicação do método do alinhamento.

O método do alinhamento pode ser integrado aos métodos de levantamento por GNSS, principalmente nas medições de quinas das edificações, locais inadequados para medir com os bastões e antenas GNSS acopladas ao mesmo, nesses casos pode ser demarcados pontos no alinhamento dessas feições, adquirir a coordenadas via GNSS e com um trena coletar as distâncias parciais para posterior cálculo em escritório.

3.3.4.7.2 Método de Interseção

O método de interseção tem como objetivo a determinação de um ponto a partir da interseção de duas retas que partem de dois pontos de referência em direção ao ponto a ser mensurado.

Neste caso se conhece a distância entre os pontos de referência e é necessário conhecer os valores angulares dos mesmos ao ponto de interesse.

N figura 75, observa-se que setas partem dos pontos de referência PR01 e 3 em direção ao ponto 8. A distância $d1$ é conhecida e deve-se medir em campo os ângulos $\beta1$ e $\beta2$. Com a solução de cálculos por triângulos é possível obter a coordenada do ponto 8.

Ademais se pode resolver o problema com o programa de desenho assistido por computador sem a necessidade de cálculos. É importante que as medidas sejam registradas em um croqui de campo.

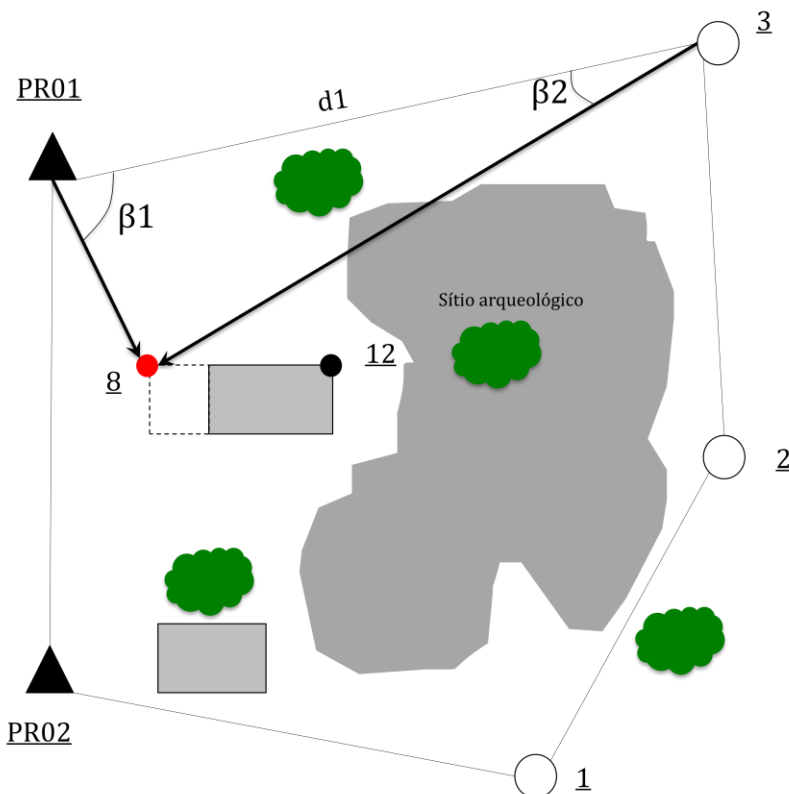


Figura 75: Ilustração do método de interseção.

3.3.4.7.3 Método da Trilateração

O método da trilateração tem sua solução baseada em medidas lineares formando triângulos entre pontos de referência (com coordenadas conhecidas) e os pontos de interesse, neste caso utiliza-se da matemática de solução por triângulos para determinar a coordenada do ponto mensurado.

Pode-se também obter a coordenadas através de desenho assistido por computador.

A figura 76 mostra um triângulo formado PR01, 3 e 8 com a distância $d1$ (PR01-3), $d2$ (3-8) e $d3$ (8 -PR01). Esse método pode ser utilizado para complementar informações em uma planta existente, como ampliação de uma edificação ou uma nova construção nas proximidades do sítio arqueológico. Neste caso pode-se utilizar de uma trena, quando as distâncias possibilitarem seu uso.

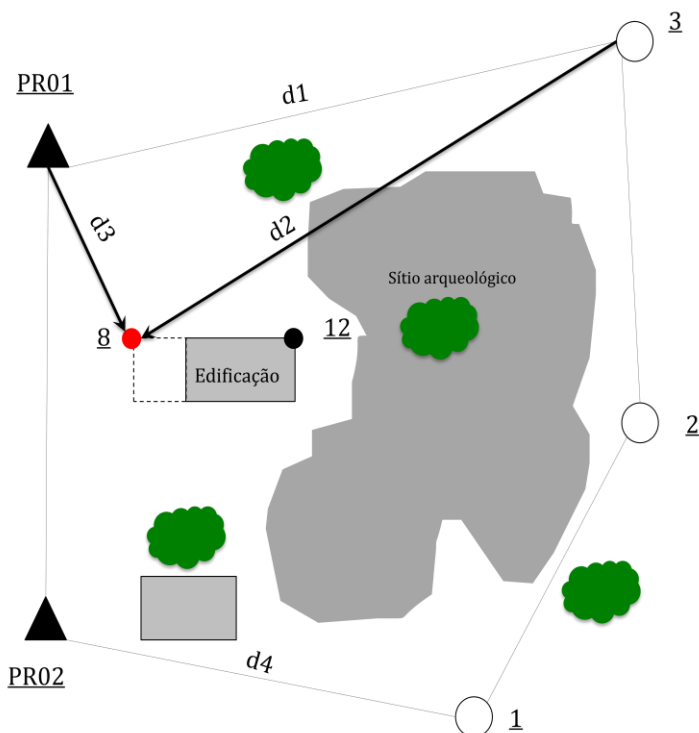


Figura 76: Ilustração das medidas para o método da Trilateração.

3.3.5 Sensoriamento remoto

3.3.5.1 Fotogrametria terrestre (curta distância)

A palavra fotogrametria é dividida em três partes para se conhecer a definição na sua origem grega, “photo” (luz), “gramma” (descrição) e “metron” (metros) (Groetelaars & Amorim, 2004), as fotografias utilizadas nesta técnica de levantamento podem ser obtidas com auxílio de aeronaves, na chamada aerofotogrametria ou com máquinas fotográficas específicas para o uso terrestre, conhecida como fotogrametria terrestre.

A fotogrametria terrestre é caracterizada pela pequena distância entre o objeto e a câmera e por isso também é conhecida como fotogrametria à curta distância. As técnicas fotogramétricas terrestres abrangem basicamente quatro situações: 1) A utilização de fotografias tomadas com câmeras comuns e as mesmas devem ser retificadas; 2) a utilização de orotofotografias; 3) o uso de um par de fotografias que tenham sobreposição de 60% entre as fotos e 4) uma série de fotografias com 60% de sobreposição com a foto ao lado.

O uso de fotografias únicas utiliza-se de câmeras não métricas para a tomada das fotos. Quando se usa dessa técnica se faz necessária a retificação da imagem, isso é possível através de programas computacionais específicos com o auxílio de pontos de controles medidos em campo que sejam possíveis de identificação na fotografia. Essa técnica é indicada para superfícies planas (ADREWS et al., 2009). A figura 77 apresenta um exemplo de uma fotografia tomada da fachada de uma igreja para posterior retificação.

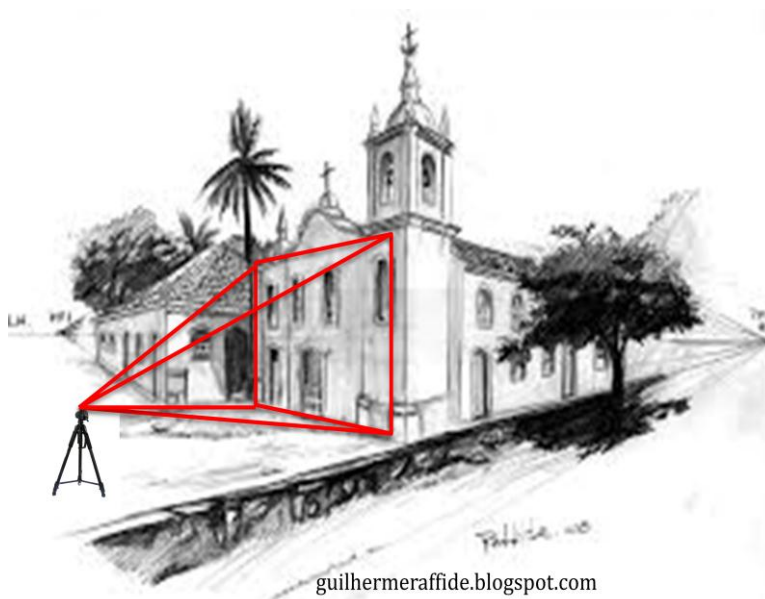


Figura 77: Ilustração da tomada de uma única fotografia

Fonte: Imagem da igreja guilhermeraffide.blogspot.com editada pelo autor.

A utilização de uma única fotografia apresenta basicamente três fontes de erros, o primeiro a lente das câmeras possuem distorções, tanto as de 35 mm quanto as digitais de uso comum, o segundo, as fachadas da parede não são completamente planas ou lisas, assim parte da parede mais próxima da câmera parece ser maior do que as mais distantes e o terceiro é a variação da escala na fotografia devido ao fato do plano da câmera não ser paralelo ao da fachada a ser fotografada (ADREWS et al., 2009).

A figura 78 mostra o processo de tomada da fotografia e da retificação, em A uma fotografia tomada com inclinação, em B os pontos de controle, em C a fotografia retificada, em D o recorte da área de interesse e em E o desenho vetorizado para a documentação do bem.

Vale ressaltar que pode existir uma divergência de conceitos entre a comunidade científica e técnica. Andrews et al. (2009) não considera o uso da fotografia retificada como um técnica fotogramétrica. Groetelaars e Amorim (2004) elencam a utilização de uma única tomada de fotografia e a técnica da monorestituição, incluindo esse método na fotogrametria.

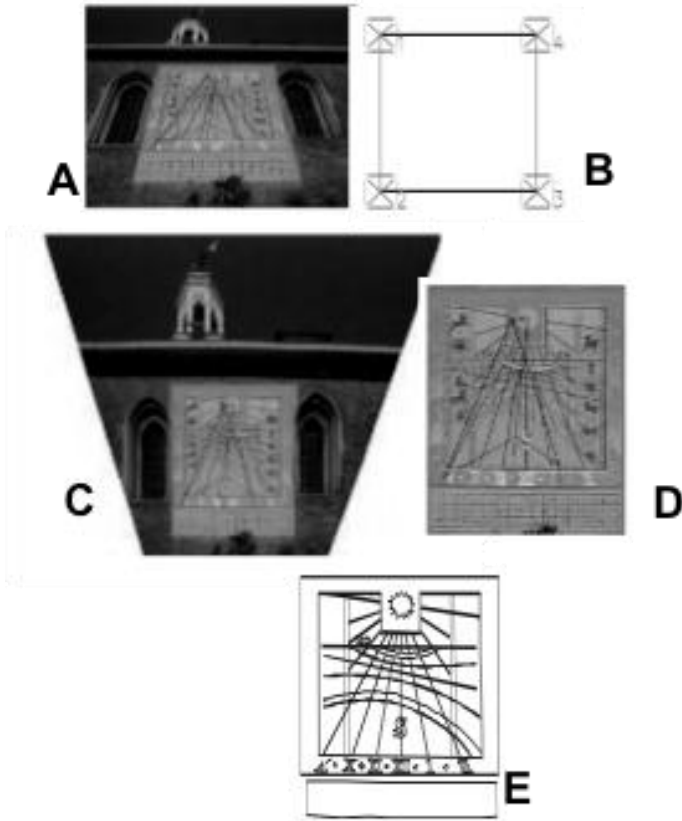


Figura 78: Retificação de uma única fotografia

Para as técnicas de estereopar existe a necessidade de sobreposição de 60% entre as fotos, assim tem-se a possibilidade da técnica de estereoscopia. A utilização do estereopar reduz os problemas causados pela projeção perspectiva. A figura 79 apresenta uma ilustração com a tomada de duas fotografias para formar o estereopar.

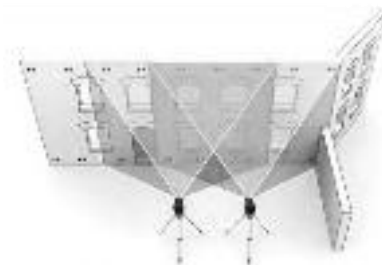


Figura 79: Exemplo de tomada de um estereopar
Fonte: Andrews et al. (2009)

Para a aplicação dessa técnica são utilizadas câmeras métricas que possuem pequenas ou nenhuma distorções nas lentes e contem mecanismos para garantir a planicidade do filme, além de possuir as marcas fiduciais como referência nos negativos planos.

Também existem as câmeras semimétricas, essas não possuem as marcas fiduciais e sim uma grade em cruz conhecida como “réseau” ou então dispositivos a vácuo, ambos recursos com a finalidade de planificar o filme no momento da tomada da foto.

Atualmente o uso de câmeras digitais tem aumentado, as mesmas não necessitam dos filmes e das marcas fiduciais, mas ainda requerem a calibração das lentes (ANDREWS et al., 2009).

Outra opção é o uso de uma séries de fotografias, as mesmas tem as características do estereopar na sobreposição de 60% e para a faixa superior ou inferior a sobreposição deve ser de 30%.

Com essa técnica é possível tomar fotos de maiores áreas em que apenas duas fotografias não são suficientes para a cobertura do levantamento. O processamento dos dados é mais trabalhoso e demanda de conhecimento técnico e *softwares* específicos.

Em todos os casos são necessários pontos de controle com coordenadas nas fotografias. Esses pontos de controle devem ser identificados na feição a ser mensurada para a amarração entre as fotos e também para a utilização do valor métrico.

Segundo Tommaselli (2003) algumas etapas devem ser realizadas para o sucesso do levantamento fotogramétrico. 1) planejamento do projeto definindo o equipamento e a linha base (distância entre as tomadas de foto); 2) trabalho de campo, que consiste em coletar as imagens e os pontos de orientação das imagens (controle); 3) preparação das fotografias, para as câmeras digitais as imagens devem ser descarregadas e aplicadas técnicas de melhoramento, para as câmeras

que usam filmes, as fotos devem ser reveladas, digitalizadas e passar por um processo de realce; 4) parâmetros de orientação interna da câmera, como a distância focal, a posição do ponto principal e a distorções das lentes e 5) foto-triangulação por feixes perspectivos ou ajuste em blocos, assim as orientações das imagens são calculadas simultaneamente, em conjunto com as coordenadas dos pontos de amarração entre as fotos e os pontos de controle em campo.

Os produtos gerados pela fotogrametria depende da finalidade do trabalho, quando as fotografias são ortoretificadas as mesmas podem ser utilizadas para produção de documentação técnica em 2D. Existe a possibilidade da utilização dos dados em 3D a partir do uso de estereopar (Andrews et al. (2009).

A fotogrametria terrestre é utilizada com frequência no levantamento das edificações históricas, com intuito de documentação do bem arquitetural, mas a mesma pode ser utilizada para monumentos, oficinas líticas, inscrições rupestres e dos perfis escavados nos salvamentos de sítios arqueológicos.

3.3.5.2 Varredura a Laser terrestre

A varredura a laser (*Laser Scanner* em inglês) é uma técnica de levantamento em massa de pontos com coordenadas nas três dimensões (X, Y e Z). Os equipamentos possuem medidores angulares e lineares, no entanto o produto final da varredura é um arquivo de coordenadas.

Existem equipamentos que podem ser acoplados em aeronaves e equipamentos aplicados na superfície terrestre. Na varredura a laser a densidade de pontos é grande o suficiente para gerar um produto chamado de nuvens de pontos (*cloud points*).

Este capítulo trata da varredura a laser terrestre destinada ao levantamento do PCM através de métodos estáticos. A varredura a laser aerotransportado tem como uma das principais finalidades a modelagem do terreno e superfície, podendo identificar e mapear feições do PCM, mas não é foco deste trabalho.

Barber; Mills (2011) citam os princípios de medições dos equipamentos de varredura a laser terrestre. 1) princípio baseado na triangulação; 2) O princípio *time of lights*, ou intervalo de tempo 3) diferença de fase.

O princípio de intervalo de tempo é baseado no tempo da emissão do pulso laser e seu retorno, o pulso laser tem a velocidade da luz e quando computado o tempo de ida e volta tem-se a distância.

A precisão desse princípio de medição é em torno de 3 a 6mm e pode ser utilizado para medições de fachadas e interiores das edificações históricas (BARBER; MILLS, 2011).

No princípio de medição por triangulação, o pulso laser quando refletido do objeto para o equipamento, é registrado por uma ou mais câmeras digitais (BEIRÃO, 2011). A distância entre o sensor e o objeto é determinada geometricamente levando em consideração o ângulo de emissão do laser e a distância entre o espelho da varredura e o sensor CCD.

Este princípio pode ser aplicado para medir pequenos objetos e varredura de pequenas superfícies com precisão em torno de 50 microns para uma distância de 0,1 a 1m do objeto e áreas *in situ* e produção de réplicas alcançando precisões sub-milimétricas a uma distância do objeto de até 25m (BARBER; MILLS, 2011).

Na diferença de fase as precisões alcançadas ficam na faixa de 5mm a uma distância do objeto entre 50 a 100m, as aplicações são nas medições de fachadas e interiores, particularmente onde se tem a necessidade de uma aquisição rápida dos dados e alta densidade de pontos (BARBER; MILLS, 2011).

Este princípio baseia-se na diferença da fase do comprimento de onda do pulso enviado em relação ao retorno quando refletido do objeto.

A operação em campo do equipamento de varredura a laser é relativamente simples, mas deve-se planejar as ocupações das estações de trabalho e do posicionamento dos alvos para alcançar êxito.

Os métodos estáticos de varredura a laser são: 1) Método do *Scanner Livre*; 2) Método *Poligonal Scanner*; 3) Método do *Scanner Coordenado* e 4) Elemento de Referência (FRANÇA, 2012).

No método do *Scanner Livre* o aparelho não tem a necessidade de ser instalado em um ponto coordenado, tendo uma liberdade para a escolha da ocupação, no entanto são necessários no mínimo dois pontos com coordenadas conhecidas e esses devem ter alvos para que seja feita a amarração com os pontos de referências utilizados.

O método permite duas situações, uma em que o aparelho está calado e com o compensador angular ligado e outra que se utiliza em locais de difícil acesso onde o equipamento trabalhe sem a necessidade de calar e com o compensador desligado, nesse caso são necessários no mínimo três alvos em pontos de referência. (FRANÇA, 2012).

O método *Poligonal Scanner* funciona similarmente a uma Poligonal de método convencional. O equipamento deve estar calado e instalado em uma coordenada conhecida e orientar a ré em outra coordenada conhecida e vante em um ponto materializado para a

ocupação do equipamento para o levantamento da próxima cena (Estação). Em campo já se tem uma prévia da nuvem de pontos por o trabalho já partir de coordenadas conhecidas e o equipamento seguir o caminhar da Poligonal, no entanto em escritório se realiza o processamento e ajuste da Poligonal e da nuvem de pontos (FRANÇA, 2012).

O método do *Scanner* Coordenado tem como característica a medição da coordenada por um equipamento auxiliar, que pode ser por técnica GNSS ou por Estação Total.

Nesse método não existe a medição de ré para orientar o equipamento e a orientação pode ser feita através de um ponto em comum entre duas cenas, sendo que as duas ocupações terão as coordenadas das estações. Pode-se também realizar manualmente a rotação da nuvem de pontos de forma que elementos em comum nas duas cenas estejam próximos espacialmente (FRANÇA, 2013).

Por fim o método de Elemento de Referência tem como característica a varredura de vários elementos regulares, como: planos; quinas e esferas para que cada cena possa identificar esses elementos.

Os elementos identificados em duas cenas realizam a união da nuvem de pontos podendo ser descartada a utilização de alvos. Se a opção for pela utilização de alvos coordenados, os mesmos referenciam as cenas do levantamento em um sistema de coordenadas.

Os produtos aplicáveis para a documentação do Patrimônio Cultural Material estão apresentados em forma de fluxograma na figura 80, e são: 1) A nuvem de pontos com coordenadas X, Y e Z, que pode ser utilizada para a obtenção de informações métricas sem a necessidade de geração de subproduto (figura 81); 2) geração de ortoimagens 2D a partir da nuvem de pontos das áreas de interesse para servirem de base a vetorização e produção de documentação técnica em 2D (figura 82) e 3) modelagem em 3D (figura 84), que tem como finalidade a criação de superfície podendo ser utilizada para a extração de informações métricas 3D e detalhamento de toda área levantada, além de servir para produzir documentação técnica em 2D, como planta, corte, vista superior, fachadas entre outras (figura 83). A figura 85 uma fotografia no levantamento da Estação Ferroviária de Joinville.

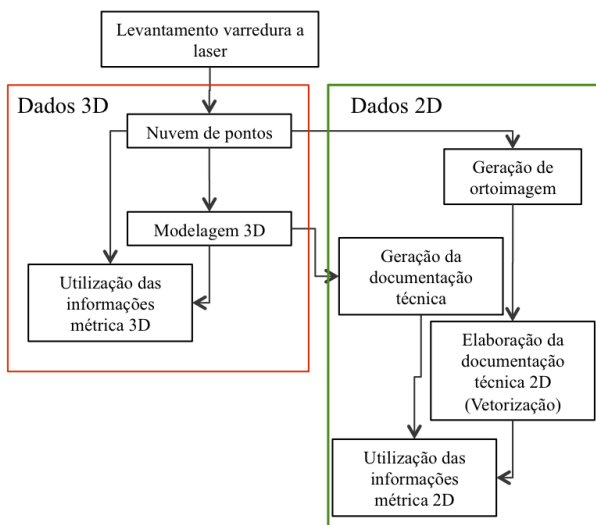


Figura 80: Fluxograma dos produtos para a documentação do Patrimônio Cultural Material.



Figura 81: Nuvem de pontos com cores reais de uma edificação em Joinville/SC
Fonte: Vector Geo4D



Figura 82: Ortoimagem de parte da edificação em Joinville/SC
 Fonte: Vector Geo4D



Figura 83: Corte oriundo da vetorização da ortoimagem.
 Fonte: Vector Geo4D



Figura 84: Fachada da modelagem da Estação Ferroviária de Joinville/SC
 Fonte: Vector Geo4D



Figura 85: Fotografia da Estação Ferroviária de Joinville/SC
Fonte: Vector Geo4D

A técnica de varredura a laser aplica-se no levantamento dos detalhes construtivos das edificações (exterior e interior), podendo ser utilizados para o levantamentos de sambaquis, sítios arqueológicos, muros de taipas e praticamente todos os bens que compõe o Patrimônio Cultural Material, pelo alto grau de detalhamento atende as necessidades de documentação detalhada patrimonial.

Outra atividade em que a varredura a laser contribui é no *as built* 3D após um restauro, assim quando o Patrimônio estiver se deteriorando tem-se a nuvens de pontos para extrair as informações necessárias para sua reconstrução exata de como foi realizado esse restauro.

A nuvens de pontos ainda tem mais uma finalidade, é a modelagem de elementos orgânicos, como estátuas, carrancas e monumentos, nesses casos se houver a necessidade de reprodução dessas peças a nuvem 3D subsidia a produção do molde.

Não recomenda-se a utilização da varredura a laser para a coleta de pontos em um levantamento planialtimétrico que tenha como finalidade de modelagem 3D exclusivamente do terreno, salvo em terrenos em solo nu, pois uma pequena vegetação já é o suficiente para o dado não ser coletado no solo.

CAPÍTULO 4 - APLICAÇÕES DE LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS E GEODÉSICOS

Para subsidiar as diretrizes para o levantamento topográfico e geodésico do Patrimônio Cultural Material (capítulo 5) foram realizadas medições em campo para a verificação da aplicabilidade dos métodos elencados no capítulo 3.

Também buscou-se avaliar os parâmetros normativos vistos no capítulo 2 e a verificação do atendimento dos mesmos mediante as necessidades do objeto dessa pesquisa.

Todos os levantamentos georreferenciados realizados em campo utilizaram o *datum* SIRGAS 2000 como referência geodésica e o sistema de coordenadas do Plano UTM. Nos levantamentos topográficos sem referência geodésica foi utilizado o Plano Topográfico Horizontal (PTH).

Os locais de estudo foram definidos pelo IPHAN/SC, que acompanhou os trabalhos de campo. Por esse motivo não houve um processo de validação da pesquisa, pois a discussão sobre os objetivos, da aplicação e dos produtos a serem gerados pelos levantamentos foi realizada diretamente com a equipe técnica da instituição.

O presente capítulo apresenta-se os estudos com a implantação de pontos de referência e rede de referência, com as técnicas GNSS e pelos métodos convencionais de Poligonação e Estação Livre. Esses experimentos tiveram dois principais campos de prova, o primeiro nas instalações do Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC, no *campus* Florianópolis, onde aplicou-se os métodos de GNSS através da implantação de pontos com ajustamento em rede e implantação de pontos de referência por uma única base usando o método estático (cap. 3.3.3.1), além disso utilizou-se os dados GNSS para o processamento PPP.

Por métodos convencionais de levantamento foram realizados dois trabalhos no IFSC, um com a implantação de Poligonal Fechada e o outro com método de Estação Livre.

O segundo campo de prova foi o Sambaqui do Perrixil, localizado em Laguna/SC, com a utilização da técnica GNSS foi implantado um ponto de referência ajustado por duas bases do IBGE, e pontos de referência utilizando o método RTK (cap. 3.3.3.6). Pelos métodos convencionais de levantamento, implantou-se uma Poligonal Enquadrada e os dados dessa poligonal foram utilizadas para o cálculo

de uma Poligonal Aberta para análises comparativa e verificação da aplicabilidade de ambas.

No Sambaqui Perrixil foi realizado o levantamento planialtimétrico e de detalhes, utilizou-se dos pontos GNSS e Poligonal Enquadrada para apoio às irradiações. Nesse sítio também utilizou-se do método GNSS RTK para integração dos dados com as irradiações e produção de uma planta topográfica.

Além desses dois locais citados como campo de prova foram realizadas outras cinco aplicações de levantamento topográfico e geodésico. Ambos utilizaram métodos convencionais e técnica GNSS.

Um dos locais mensurados foi um sítio arqueológico de remanescente de casa indígenas, localizado na serra catarinense (Lages/SC) na Fazenda Bananeiras II. Nesse sítio foi realizado um levantamento planialtimétrico com a finalidade de reconhecimento do relevo, bem como da localização e profundidade das estruturas remanescentes.

O outro trabalho de levantamento foi desenvolvido em Florianópolis, na Ponta do Lessa, localizada na Baía Norte da Ilha de Santa Catarina. Nesse sítio arqueológico foi realizado um levantamento planialtimétrico, apoio a demarcação de pontos de sondagem para delimitação do sítio arqueológico e levantamento do perímetro do sítio para o georreferenciamento dos limites do mesmo.

Para os métodos de sensoriamento remoto, a varredura a laser foi aplicada em Joinville/SC no Sambaqui Cubatão I e na Estação Ferroviária, e em Torres/RS foi realizada a varredura a laser da Igreja São Domingos, sendo os três levantamentos desenvolvidos pela empresa Vector Geo4D. A figura 86 apresenta um fluxograma da estruturação do capítulo 4.

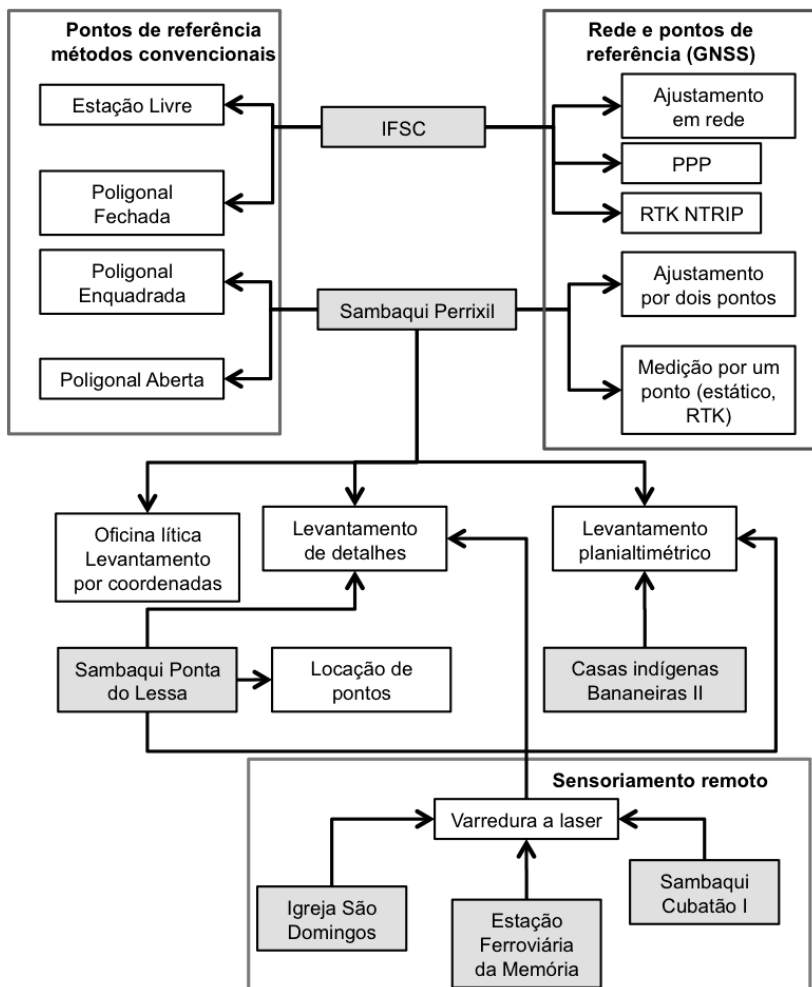


Figura 86: Fluxograma do capítulo 4

4.1 Aplicações com Técnica GNSS

As aplicações com técnica GNSS seguem a sequência: 1) Implantação de pontos de referência com ajustamento em rede (IFSC); 2) Implantação de ponto de referência ajustado por dois ou mais pontos do SGB (Sambaqui Perrixil); 3) Implantação de Ponto de Referência por uma única base de referência (IFSC e Sambaqui Perrixil), 4)

Implantação de ponto de referência pelo método PPP (IFSC e Sambaqui Perrixil) e 5) Aplicação do método RTK NTRIP (IFSC).

Os resultados obtidos com a aplicações dos métodos através das técnicas GNSS foram utilizados como referência para os trabalhos de implantação de Poligonais, levantamentos planialtimétricos e levantamento de detalhes vistos nos subcapítulos seguintes.

4.1.1 Pontos de referência ajustado em rede

Para a implantação de pontos de referência ajustado em rede buscou-se uma área onde fosse possível rastrear pontos simultaneamente e ajustá-los com os pontos do SGB. Neste casos utilizou-se da estrutura do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), campus de Florianópolis, onde são ministradas as aulas do Curso Técnico de Agrimensura.

Nas dependências do IFSC foram utilizados dois pontos de referencia materializados com marcos de concreto, Ponto 2 e Ponto 7, que foram rastreados simultaneamente entre si e com os pontos SAT91581 e SAT91582 do SGB, ambos localizados nas dependências da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Foram formados seis vetores para ajustamento utilizando o método estático.

Todos os pontos foram ocupados com receptores GNSS de dupla frequência (L1/L2). A figura 87 mostra a configuração da rede implantada, com a disposição dos pontos e dos vetores.

Para as medições dos pontos SAT91851 e SAT91852 utilizou-se de um par de receptores GNSS da marca Topcon, modelo Hiper Lite Plus com precisão nominal de $\pm 3\text{mm} + 0,5\text{ppm}$ na horizontal. Para as ocupações dos Pontos 2 e 7 utilizou-se um par de receptores GPS Topcon, modelo Legacy com $\pm 3\text{mm} + 1,5\text{ppm}$ na horizontal.

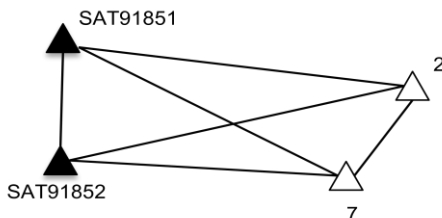


Figura 87: Rede formada no IFSC.

A coleta de dados foi realizada no ano de 2005 e os arquivos foram reprocessados em novembro de 2013 utilizando a versão mais recente do *software* Topcon Tools (versão 8.2.3).

O tempo de rastreo variou entre os pontos, mas o tempo em comum para todos os pontos foi de 1h53min, valor superior ao recomendado por IBGE (2008) que é de 15 minutos, pois as distâncias entre os pontos do SGB e do IFSC são inferiores a 2,5Km.

A taxa de gravação dos dados foi de 5 segundos. Foram anotadas em uma planilha de campo as alturas das antenas, o horário de início de rastreo, nome dos pontos e modelo do equipamento.

Os pontos do SBG utilizados possuem rosca de centragem forçada e os equipamentos foram instalados diretamente nos marcos de concreto, para os Pontos 2 e 7 foram utilizados tripés de madeira com bases nivelantes.

Os resultados do processamento estão apresentados na tabela 14 com as coordenadas geodésicas, coordenadas UTM e a altitude geométrica. A tabela 15 apresenta os valores das precisões obtidas para os pontos da rede. A tabela 16 apresenta as ocupações dos pontos, com informações de modelo e altura das antenas e horários de rastreo, a tabela 17 mostra as informações dos vetores e as suas precisões e a tabela 18 mostra os resultados dos DOPs para os vetores ajustados.

Tabela 14: Coordenadas geodésicas e UTM dos pontos da rede.

Ponto	Latitude	Longitude	N	E	h
SAT91852	27°35'57.766194"S	48°31'10.321882"W	6944718,9260	744825,6610	17,040
SAT91851	27°35'57.796305"S	48°31'08.574307"W	6944717,0370	744873,5730	7,940
2	27°35'39.985174"S	48°32'30.333794"W	6945310,1652	742642,0776	13,171
7	27°35'39.290394"S	48°32'28.270393"W	6945330,4287	742699,0978	13,350

Tabela 15: Precisões dos pontos considerando o ajustamento.

Ponto	RMS N	RMS E	RMS Hz	RMS h
SAT91852	0,0010	0,0010	0,0014	0,005
SAT91851	0,0010	0,0010	0,0014	0,004
2	0,0011	0,0011	0,0015	0,004
7	0,0011	0,0011	0,0016	0,004

Segundo a tabela 15 o Ponto 2 apresenta precisão horizontal de 1,5 mm e o Ponto 7 de 1,6 mm, a precisão vertical foi de 4 mm para os dois pontos, dessa forma verifica-se que os resultados obtidos possuem ótimas precisões, pois as bases de referência do SGB possuem 1mm de precisão horizontal e 4mm para o SAT91851 e 5mm para o SAT91852 de precisão vertical.

Tabela 16: Ocupações dos pontos GNSS da rede de referência

Ponto	Antena	Altura Antena (m)	Método Alt Antena	Hora Início	Hora Fim	Duração
SAT91852	HiPer Lite/Lite+	0,03	Vertical	15/8/2005 16:07	15/8/2005 19:07	03:00:20
SAT91851	HiPer Lite/Lite+	0,03	Vertical	15/8/2005 15:16	15/8/2005 17:11	01:54:30
2	Legant E	1,629	Inclinada	15/8/2005 15:21	15/8/2005 17:19	01:57:15
7	Legant E	1,618	Inclinada	15/8/2005 15:29	15/8/2005 17:22	01:53:35

Todos os vetores apresentam valores de precisão inferior a 2 mm na horizontal e tendo com valor máximo na vertical 3mm (tabela 17).

Tabela 17: Vetores e as precisões horizontal e vertical

Do Ponto	Ao Ponto	Hora Início	Duração	RMS Hz	RMSV
SAT91851	SAT91852	15/8/2005 16:07	01:04:05	0,0008	0,002
2	SAT91851	15/8/2005 15:21	01:49:10	0,0012	0,002
7	SAT91851	15/8/2005 15:29	01:42:00	0,0016	0,003
2	SAT91852	15/8/2005 16:07	01:12:10	0,0014	0,003
2	7	15/8/2005 15:29	01:50:05	0,0007	0,001
7	SAT91852	15/8/2005 16:07	01:15:40	0,0017	0,003

Todos os valores de DOP apresentam valores próximos de 2, tendo o maior valor de PDP 2,32 e o menor 2,278 (tabela 18). Esse valores são considerados adequados para transporte de coordenadas e mostra que no momento do rastreo a geometria dos satélites estava em boas condições.

Todas as soluções dos vetores foram fixas mostrando que as ambiguidades foram resolvidas estatisticamente pela medição da fase da portadora.

Tabela 18: Vetores e os valores de DOP

Do Ponto	Ao Ponto	Tipo Solução	HDOP	VDOP	PDOP
SAT91851	SAT91852	Fixo	1,035	2,076	2,320
2	SAT91851	Fixo	1,110	2,032	2,316
7	SAT91851	Fixo	1,093	2,038	2,313
2	SAT91852	Fixo	1,022	2,036	2,278
2	7	Fixo	1,081	2,014	2,286
7	SAT91852	Fixo	1,019	2,023	2,265

A implantação de rede de referência teve uma segunda etapa. A partir dos resultados das coordenadas obtidas dos Pontos 2 e 7 no ajustamento utilizando duas bases do SGB foi implantada uma nova

rede, mas nesse caso, configurada com pequena dimensão (distâncias entre os pontos inferiores a 100 metros), simulando um estudo local de uma área aproximada em um sítio arqueológico ou em área urbana de um município para o levantamento de um imóvel e sua edificação histórica, casos comuns de levantamento do Patrimônio Cultural Material.

Os Pontos 2 e Ponto 7 foram utilizados como referência por possuírem coordenadas conhecidas, foram implantados mais dois pontos, o Ponto P e Ponto EL, materializados com pinos metálicos. Nesse caso o Ponto P e Ponto EL são de uma terceira ordem em relação aos pontos do SGB.

Para o levantamento foi utilizado o método estático e o pós-processamento dos dados. Os equipamentos utilizados foram, dois pares de receptores GNSS, um par de receptor da marca Topcon modelo Hiper Lite Plus e um par de receptores da marca Leica modelo GS15 com precisão nominal de $\pm 3\text{mm}+0,1\text{ppm}$, na horizontal para método estático e pós processado.

Foram formados seis vetores entre os pontos 2, 7, P e EL, com rastreamento simultâneo de vinte minutos, conforme recomendado por IBGE (2008). O formato da rede pode ser visualizado na figura 88, com os triângulos em cinza representando as bases de referência. A taxa de gravação dos dados foi de cinco segundos, os pontos foram rastreados e processados em novembro de 2013.

Em todos os pontos foram utilizados tripés com base nivelantes. A figura 89 mostra uma base nivelante com um adaptador de nível tubular para a centragem com maior precisão das antenas receptoras, pois as antenas GNSS não possuem a bolha tubular (mais precisas), assim buscou-se acessório com maior precisão. Todos os tripés foram nivelados dessa forma antes de acoplar as antenas receptoras.

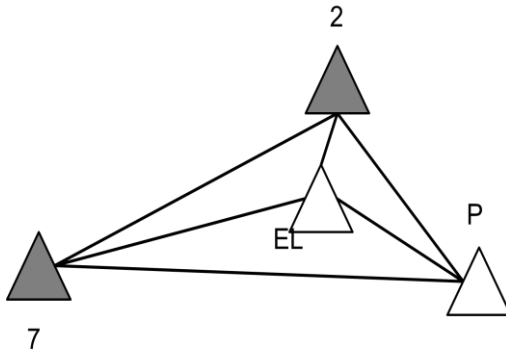


Figura 88: Rede de Referência implantada no IFSC.



Figura 89: Base nivelante com nível tubular para centragem de receptor GNSS

Os dados de campo foram processados no programa Topcon Tools versão 8.2.3, os dados oriundos dos receptores da marca Leica foram convertidos para o formato RINEX no programa Leica GeoOffice versão 7, os parâmetros da antena Leica GS15 foram configurados no programa de processamento da Topcon. As coordenadas geodésicas e UTM, bem como a altitude geométrica obtidas após o ajustamento estão expostas na tabela 19.

Tabela 19: Coordenadas geodésicas, UTM e precisão dos pontos da rede implantada.

Ponto	Latitude	Longitude	N	E	h
P	27°35'39.270885"S	48°32'30.769352"W	6945332,3924	742630,5684	13,519
7	27°35'39.290394"S	48°32'28.270392"W	6945330,4287	742699,0978	13,350
EL	27°35'39.836185"S	48°32'29.946143"W	6945314,5404	742652,8013	13,252
2	27°35'39.985175"S	48°32'30.333794"W	6945310,1652	742642,0776	13,171

É possível visualizar as precisões dos pontos após o ajustamento na tabela 20, mesmo sendo pontos de terceira ordem os valores de RMS horizontal para os pontos EL e P ficaram abaixo de 3mm e na vertical menores e igual a 4mm. O que contribui com esse resultados é a pequena distância entre os pontos. A tabela 21 traz as informações de ocupações dos pontos e as tabelas 22 e 23 os dados obtidos para os vetores.

Tabela 20: Valores de precisão dos pontos da rede de referência

Ponto	RMS N	RMS E	RMS Hz
P	0,0019	0,0019	0,0027
7	0,0011	0,0011	0,0016
EL	0,0020	0,0020	0,0028
2	0,0011	0,0011	0,0016

Tabela 21: Ocupações GNSS

Ponto	Tipo Antena	Altura Antena (m)	Método Alt Antena	Hora Início	Hora Fim	Duração
P	GS15	1,4035	Vertical	26/9/2013 17:25	26/9/2013 17:45	00:20:37
7	GS15	1,435	Vertical	26/9/2013 17:25	26/9/2013 17:45	00:20:37
EL	HiPer Lite/Lite+	1,408	Inclinada	26/9/2013 16:55	26/9/2013 17:48	00:52:35
2	HiPer Lite/Lite+	1,508	Inclinada	26/9/2013 16:42	26/9/2013 17:49	01:07:20

A tabela 22 mostra que a precisão horizontal dos vetores teve seu maior valor de 3mm e vertical de 6,6mm. A tabela 23 apresenta os valores de DOP, todos os resultados estão abaixo de 2 e indica uma excelente geometria dos satélites no momento da coleta dos dados.

Tabela 22: Tempo e precisão dos vetores da rede.

Do Ponto	Ao Ponto	Hora Início	Duração	Precisão Horizontal	Precisão Vertical
7	P	26/9/2013 17:25	00:20:37	0,002	0,0033
EL	P	26/9/2013 17:09	00:38:26	0,001	0,0016
7	EL	26/9/2013 17:25	00:20:37	0,003	0,0061
2	P	26/9/2013 17:09	00:39:51	0,001	0,0017
2	7	26/9/2013 17:25	00:20:37	0,003	0,0066
2	EL	26/9/2013 16:55	00:52:35	0,000	0,0011

Tabela 23: Valores de DOP para os vetores ajustados

Do Ponto	Ao Ponto	HDOP	VDOP	PDOP
7	P	1,186	2,403	2,68
EL	P	1,000	2,328	2,534
7	EL	1,186	2,403	2,68
2	P	1,000	2,328	2,534
2	7	1,186	2,403	2,68
2	EL	0,701	1,584	1,732

Esse experimento apresentou resultados que subsidiam a conclusão de que o ajustamento em rede é viável para a implantação dos pontos de apoio ao levantamento do Patrimônio Cultural. As precisões (RMS) encontradas mostram a qualidade do trabalho. Para redes que tenham como bases os pontos do SGB com distâncias longas o tempo de rastreio deve ser maior e principalmente analisando as condições em campo, além disso e deve-se esperar precisões mais baixas pela influência da distância entre os pontos fixos e os pontos a serem conhecidos.

4.1.2 Ajustamento por dois ou mais pontos de referência

O trabalho desenvolvido com o ajustamento por dois ou mais pontos de referência tem como objetivo mostrar uma alternativa para a implantação de pontos de apoio/referência sem a configuração de uma estruturação de rede, no entanto essa técnica permite o ajustamento das observações.

A implantação de rede de referência demanda tempo ou então um número maior de antenas receptoras GNSS para que sejam formados os vetores entre os pontos envolvidos, ambos os fatores significam aumento de custo.

São poucos os profissionais que possuem um número elevados de receptores GNSS, salvo empresas de médio a grande porte. A técnica de

ponto ajustado sem configurar rede torna-se uma alternativa interessante por ser possível trabalhar com um par de receptores GNSS em campo.

O aumento da quantidade de pontos de referência em nível nacional da rede RBMC (SGB) viabiliza a implantação de pontos ajustados. As distâncias entre os pontos da RBMC ainda são longas demandando um tempo maior de rastreo, mas economiza-se tempo com os deslocamento aos pontos passivos (SAT) e com pessoal para instalar os receptores e aguardar o tempo de rastreo. Por esse motivo os trabalhos apresentados nesse capítulo utilizaram dos pontos da RBMC como referência, entretanto é possível utilizar também os pontos SAT/IBGE.

O local de implantação do ponto de referência com ajustamento por duas bases do SGB foi o Sambaqui Perrixil, Laguna/SC. Realizou-se um planejamento com a equipe técnica do IPHAN para as medições do sambaqui, considerando a área de abrangência do levantamento e feições arqueológicas do local, sendo assim definiu-se o local para implantação dos pontos de referência.

No dia 14 de setembro de 2012 o ponto IPHAN0 foi materializado com um parafuso metálico em uma estrutura de concreto de um atracador para balsa (figura 90) localizada nas proximidades do sítio arqueológico Perrixil.



Figura 90: Ponto IPHAN 0 demarcado em cima do pilar do atracador da balsa Perrixil-Imarui.

O ponto IPHAN0 foi ocupado com um receptor GNSS de dupla frequência (L1/L2) da marca Topcon e modelo Hiper Lite Plus e foi rastreado por 2h22min com taxa de gravação de 5 segundos. A figura 91 mostra uma fotografia do receptor GNSS instalado com tripé de madeira. O ajustamento foi realizado por dois marcos da RBMC, o SCLA, localizado em Lages/SC e o IMBT, localizado em Imbituba/SC e

a figura 92 apresenta uma ilustração com a disposição dos pontos para a realização do ajustamento, sendo possível ver os dois vetores formados.



Figura 91: Receptor GNSS instalado no ponto IPHAN0

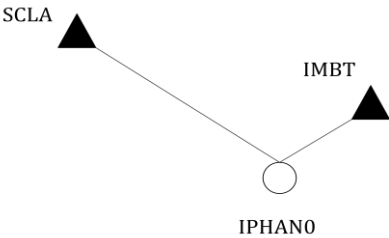


Figura 92: Disposição dos pontos GNSS e os vetores formados no ajustamento.

O processamento foi realizado no programa Topcon Tools versão 8.2.3, utilizando taxa de gravação de 15 segundo, que é o valor de toda a rede ativa (RBMC) do IBGE. As soluções para os dois vetores foram fixas com a resolução das ambiguidades. As coordenadas geodésicas, UTM e altitude geométrica estão apresentadas na tabela 24.

Tabela 24: Coordenadas geodésicas, UTM e altitude geométrica do ponto IPHAN0

Ponto	Latitude	Longitude	N	E	h
IPHAN0	28°21'30.767788"S	48°48'00.912679"W	6861112,1278	715593,7810	3,068
IMBT	28°14'05.422009"S	48°39'20.596998"W	6874555,7290	730029,4620	31,41
SCLA	27°47'34.208413"S	50°18'15.340684"W	6925551,9020	568538,1210	940,72

As precisões dos pontos estão exibidas na tabela 25, verifica-se que o ponto IPHAN0 apresenta precisão horizontal de 6,3mm e vertical de 14mm após o ajustamento.

Tabela 25: Precisões obtidas para o ponto IPHAN0

PONTO	RMS N	RMS E	RMS HZ	RMS h
IPHAN0	0,0046	0,0043	0,0063	0,0140
IMBT	0,0010	0,0010	0,0014	0,0040
SCLA	0,0010	0,0010	0,0014	0,0050

As informações de ocupações com o modelo das antenas e alturas das mesmas, assim como o tempo de rastreio em cada ponto estão apresentadas na tabela 26. Os dados dos vetores estão apresentados nas tabelas 27 com o horário de início e duração de tempo e as precisões.

Tabela 26: Ocupações dos pontos rastreados

Ponto	Tipo Antena	Alt Antena	med. da altura	Hora Início	Duração
IPHAN0	HiPer Lite/Lite+	1,435	Inclinada	14.09.12 13:04	02:22:50
IMBT	TRM55971.00	0,008	Vertical	14.09.12 00:00	24:00:00
SCLA	TRM55971.00	0,000	Vertical	14.09.12 00:00	00:00:00

Tabela 27: Tabela de vetores formados no ajustamento.

Do Ponto	Ao Ponto	Hora Início	Duração	RMS HZ	RMS h
IMBT	IPHAN0	14.09.12 13:04	02:22:50	0,0061	0,0121
IPHAN0	SCLA	14.09.12 13:04	02:22:50	0,0275	0,0535

As precisões ficaram em 27,5mm na horizontal e 53,5mm na vertical para o vetor IPHAN0-SCLA com uma distância de 160Km e para o vetor IMBT-IPHAN0 o valor encontrado foi de 6,1mm na horizontal e 12,1 na vertical, com distância de 19Km. Apesar de longa a distância entre o ponto IPHAN0 e o ponto SCLA, os resultados mostram boas precisões. Os valores de DOP ficaram todos abaixo de 2 configurando condição ideal para transporte de coordenadas (tabela 28).

Tabela 28: Tabela de DOP dos vetores formados nos rastreios

Do Ponto	Ao Ponto	HDOP	VDOP	PDOP
IMBT	IPHAN0	0,742	1,54	1,709
IPHAN0	SCLA	0,740	1,54	1,708

Os resultados se mostraram satisfatório no quesito precisão para que o ponto IPHAN0 possa servir de apoio para ao levantamento do Patrimônio Cultural Material.

4.1.3 Ponto determinado a partir de um ponto de referência

Além das alternativas vistas com pontos ajustados em rede e por dois pontos do SGB, existe outra alternativa em que tem-se a possibilidade de implantação de um novo ponto de referência tendo uma única base, nesse caso não ocorrer o ajustamento das observações e sim a medição de um único vetor.

Para esse tipo de trabalho é necessário um ponto de coordenada conhecida para servir de base e um equipamento rover para ocupar o ponto a ser determinado. Para essa tarefa podemos usar o método estático, o método RTK e eventualmente o método *Stop and Go* com uma permanência maior no ponto a ser mensurado.

Nesse capítulo será apresentado a mensuração de um ponto através dos métodos estático, RTK via rádio e RTK NTRIP.

4.1.3.1 Método Estático

O trabalho de implantação de um ponto de referência por cálculo a partir de uma só base pelo método estático utilizou-se dos dados apresentados no capítulo 4.1.2. O objetivo foi realizar o processamento dos dados sem ajustamento e separadamente por base (SCLA e IMBT).

Contudo, foi realizado um processamento com a base SCLA e o ponto IPHAN0 e um outro processamento com a base IMBT e o ponto IPHAN0. Foram configuradas duas obras de processamento no programa Topcon Tools versão 8.2.3.

As coordenadas obtidas em cada um dos processamentos foram comparadas com a coordenada ajustada apresentada no capítulo 4.1.2. A tabela 29 apresenta a coordenada ajustada por dois pontos, a coordenada calculada pela base SCLA, a coordenada calculada pela base IMBT e suas respectivas precisões.

Tabela 29: Coordenadas do Ponto IPHAN 0 ajustadas e sem ajustamento.

Ponto	Bases	N	E	h	RMS Hz	RMS h
IPHAN0	Ajustado	6861112,1268	715593,7810	3,0680	0,0063	0,0140
	IMBT	6861112,1266	715593,7805	3,0714	0,0062	0,0121
	SCLA	6861112,1288	715593,7920	3,0098	0,0274	0,0535

A tabela 30 mostra as diferenças entre as coordenadas obtidas pelo processamento de uma única base com a coordenadas ajustada por dois pontos.

Tabela 30: Diferenças entre as coordenadas ajustadas e sem ajustamento.

Bases	ΔN	ΔE	ΔHz	Δh
Ajustados vs IMBT	0,0002	0,0005	0,0005	-0,0034
Ajustados vs SCLA	-0,0020	-0,0110	0,0111	0,0582

As diferenças planimétricas dos resultados apresentados na tabela 30 foram de 0,5mm na horizontal e de -3,4mm na vertical para o ponto medido com base no IMBT. No processamento do ponto IPHAN 0 com a base SCLA teve diferença de 11mm na horizontal e 58,2 mm na vertical.

As diferenças se justificam, pois o ponto IMBT está a 19Km do ponto IPHAN0 e essa distância para o rastreo e processamento utilizando receptores L1/L2 é considerada pequena. O ponto SCLA está distante a 160Km e considerando essa distância e os valores obtidos pode-se concluir que as precisões possuem valores adequados para a utilização como apoio ao levantamento topográfico e geodésico aplicado ao levantamento de detalhes e de agrimensura e cadastro do PCM. Segundo Bryan (2009) as medições dos bens patrimoniais através de técnicas GNSS e métodos convencionais devem ter precisão entre 65mm e 150mm.

4.1.3.2 Método RTK

Para a pesquisa de implantação de um ponto de referência via método RTK utilizou-se do ponto IPHAN0 como base com o valor de coordenada obtida no ajustamento apresentado no capítulo 4.1.2.

Foi utilizado um par de receptor GNSS, marca Topcon, modelo Hiper Lite Plus. Uma antena ocupou a base (IPHAN0) e outra foi usada como rover para determinar as coordenadas dos pontos de interesse, a comunicação entre os receptores foi feita via rádio.

Foram levantados quatro pontos de referência a partir do IPHAN0, que teve a base instalada em um tripé de madeira. A antena rover foi instalada em um bastão de fibra de carbono e um tripé para bastão e os dados foram gerenciados, para o processamento em tempo real, através de uma controladora com o programa TopSurv da Topcon, assim coletou-se as coordenadas dos pontos de interesse, IPHANM1 , IPHANM2, P2 e P1.

O pontos IPHAN M1 foi demarcado com um marco de concreto no formato tronco-piramidal de sessenta centímetros de altura, o mesmo foi enterrado ao lado do atracador de concreto da balsa Perrixil-Imaruí (figura 93).

O ponto IPHAN M2 (figura 94) foi demarcado no lado oposto do atracador em relação ao ponto IPHAN M1 com uma placa de metal fixada com cola epóxi, ambos os pontos foram nomeados com um gravador de letras e números para identificação. Os pontos P1 e P2 foram demarcados com estacas de madeira de 5cmX5cmX30cm com um prego no centro para definição do ponto topográfico.



Figura 93: Ponto IPHAN M1 sendo mensurado por técnica RTK.



Figura 94: Ponto IPHAN M2 sendo mensurado por técnica RTK.

O controlador de dados foi configurado para medir 180 posicionamento do mesmo ponto, tendo um posicionamento por segundo, para assim calcular a coordenada final utilizando o valor médio das observações. O tempo de permanência poderia ter sido menor, entretanto quando se coleta dados em abundância as precisões apresentam melhores resultados.

A tabela 31 apresenta as coordenadas UTM e a altitude geométrica para os dois pontos medidos com o método RTK. A tabela 32 mostra os valores de precisão para os pontos considerando a propagação de erro da base.

Tabela 31: Coordenadas UTM dos pontos de referência medidos via RTK

Ponto	N	E	h
IPHAN M1	6861064,0249	715586,2169	3,1037
IPHAN M2	6861074,0632	715568,7394	3,1166
P1	6861056,4276	715473,7178	8,8141
P2	6861073,2977	715457,2418	4,6170

Tabela 32: Valores de RMS para os pontos mensurados via RTK.

Ponto	RMSN	RMSE	RMSHz	RMSV
IPHAN M1	0,0049	0,0047	0,0069	0,0153
IPHAN M2	0,0049	0,0005	0,0070	0,0153
P1	0,0108	0,0112	0,0109	0,0214
P2	0,0058	0,0054	0,0079	0,0172

O Ponto P1 apresentou valor de 10,9mm de precisão horizontal e 21,4 de precisão vertical, esse foi o resultado com o maior valor obtido, os demais pontos ficaram baixo dos 10mm na horizontal e de 20mm na vertical.

A vantagem dessa aplicação é que o tempo de permanência no ponto é pequeno, a qualidade da medição e as coordenadas são obtidas em tempo real e tem-se o valor da coordenada das observações e seu RMS (precisão) no momento do levantamento.

A limitação do método está na comunicação entre a base e o rover. Nesse caso as distâncias eram próximas e as condições de rastreamento eram de boas a razoáveis e não houve problemas, mas em distâncias longas o sinal rádio pode apresentar falhas de comunicação.

Os resultados mostram que o método é aplicável na implantação de apoio ao levantamento de detalhes e na impossibilidade de obter pontos ajustados no entorno de um levantamento, pode ser utilizado para fins de agrimensura e cadastro, neste caso é importante que o ponto de

base tenha boa qualidade para que na propagação do erro o novo ponto implantado não venha a ficar com baixa precisão.

4.1.3.3 RTK NTRIP

O uso do método RTK NTRIP tem como característica a correção em tempo real das coordenadas tendo correção por comunicação via GSM, essa alternativa é recente no Brasil e tem como principal vantagem a utilização de apenas uma antena GNSS em campo, além do ponto ser mensurado diretamente de uma base da rede de primeira ordem do SGB, quando se utiliza a RBMC-IP.

O tempo de permanência no ponto é de alguns segundos, a coordenada e precisão do ponto é mostrada instantaneamente na controladora de dados.

As desvantagens são: a falta de comunicação entre a base da RBMC-IP e o rover em campo, isso se dá pela falta de cobertura GSM e a distância entre os pontos, com o aumento da mesma os resultados apresentam baixas precisões, agregando um valor aproximado de 1mm/Km.

O teste deste método foi realizado através da rede RBMC-IP no ponto localizado em Florianópolis (SCFLO). Foi utilizado um receptor GNSS da Marca Ruide, modelo R90X precisão nominal para o método RTK horizontal de $\pm 8\text{mm} + 1\text{ppm}$ e vertical de $\pm 15\text{mm} + 1\text{ppm}$.

A antena receptora foi instalada em um bastão de fibra de carbono com 2 metros de altura, um tripé de alumínio para bastão e através de uma controladora de dados se gerenciou os dados do levantamento.

O campo de provas para esta aplicação foi os pontos implantados por ajustamento em rede no IFSC (capítulo 4.1.1), assim tem-se parâmetros de comparação dos resultados obtidos pelo NTRIP.

Os pontos 2, 7, P e EL foram ocupados e os dados foram gravados com três tempos distintos, sendo: um segundo; dez segundos e sessenta segundos. As coordenadas UTM e altitude geométrica podem ser visualizados na tabela 33.

Tabela 33: Coordenadas e precisão dos pontos coletados com RTK NTRIP

Ponto	N	E	h	RMS Hz	RMS h
2	6945310,1968	742642,0763	12,602	0,007	0,018
	6945310,1961	742642,0777	12,601	0,008	0,021
	6945310,1926	742642,0781	12,607	0,009	0,024
EL	6945314,5403	742652,7823	12,690	0,010	0,025
	6945314,5438	742652,7804	12,700	0,010	0,026
	6945314,5423	742652,7825	12,688	0,010	0,027
7	6945330,4531	742699,0868	12,871	0,013	0,030
	6945330,4575	742699,0928	12,800	0,011	0,025
	6945330,4580	742699,0917	12,804	0,010	0,024
P	6945332,4064	742630,5587	12,726	0,009	0,023
	6945332,4098	742630,5622	12,732	0,010	0,027
	6945332,4067	742630,5651	12,736	0,011	0,029

Não foi realizada análise estatística para verificar se a diferença entre as precisões é significativa em relação ao tempo de permanência, mas é possível visualizar que as diferenças nas precisões tem pouca variação.

Na tabela 34 visualiza-se os desvios entre a coordenada ajustada em rede e a coordenada obtida por RTK NTRIP.

Tabela 34: Comparação entre as coordenadas UTM ajustada em rede e as coordenadas por RTK NTRIP.

Ponto	ΔN	ΔE	DESV HZ	Δh	Tempo (seg)
2	-0,0316	0,0013	0,0316	0,569	1
	-0,0309	-0,0001	0,0309	0,570	10
	-0,0274	-0,0005	0,0274	0,564	60
EL	0,0001	0,0190	0,0190	0,562	1
	-0,0034	0,0209	0,0212	0,552	10
	-0,0019	0,0188	0,0189	0,564	60
7	-0,0244	0,0110	0,0268	0,479	1
	-0,0288	0,0050	0,0292	0,550	10
	-0,0293	0,0061	0,0299	0,546	60
P	-0,0140	0,0097	0,0171	0,793	1
	-0,0174	0,0062	0,0184	0,787	10
	-0,0143	0,0033	0,0147	0,783	60

Para o ponto 2 o maior valor apresentado de desvio horizontal em relação ao ponto ajustado em rede foi na coleta com um segundo com 31,6mm na horizontal. O ponto EL apresentou maior desvio na coleta de

dez segundos com valor de 21,2mm. O ponto 7 apresentou maior valor de desvio na coleta de sessenta segundos, com 29,9mm e para o ponto P na coleta de dez segundos foi 18,4mm.

Os dados de exatidão na vertical apresentaram valores acima dos 50cm na maioria dos casos. Foi realizada uma investigação em campo para saber o que ocorrera e ao acessar a base de dados do IBGE verificou-se que a altitude geométrica em comunicação (16,7164m) via GSM estava com o valor diferente da monografia de pontos (17,070m), uma diferença de 35,36cm.

Pela constatação desse problema os dados altimétricos foram descartados das análises e não devem ser utilizados como referência. É importante a conferência dos dados emitidos pelas bases RBMC-IP comparando os mesmos com os descritivos disponibilizados pelo IBGE.

Esse método é indicado para o levantamento das feições de detalhes e nos casos de proximidade com a base e as precisões apresentarem bons resultados pode-se utilizar para implantação de pontos de apoio e para levantamentos do PCM.

As precisões encontradas no levantamento são inferiores ao valor proposto por Bryan et al. (2009), no entanto quando comparado com dados de ajustado a exatidão apresentou-se com menor qualidade, mas continuando dentro dos limites propostos pelo referido autor.

4.1.4 Posicionamento por Ponto Preciso – PPP

Para avaliar a qualidade do ponto processado por PPP (IBGE) foram utilizados os arquivos GNSS no formato RINEX obtidos no método estático apresentado nos capítulos anteriores (4.1.2 e 4.1.3) e são: IPHAN0 no Sambaqui Perrixil, ponto 2, ponto 7, ponto EL e ponto P situados no IFSC.

Para o ponto 2 e ponto 7 foram processados dois arquivos, cada um com tempo de rastreamento diferentes.

O relatório emitido pelo IBGE apresentou os resultados em coordenadas geodésicas, as mesmas foram convertidas para UTM no programa ProGrid para ser comparadas com as coordenadas ajustadas ao SGB em unidade métrica.

Os valores encontrados pelo processamento PPP e os dados ajustados ao SGB podem ser vistos na tabela 35. A tabela 36 mostra os desvios do processamento PPP comparando com as coordenadas dos pontos ajustados em rede.

Tabela 35: Coordenadas UTM pelo método PPP e por ajustamento ao SGB.

Ponto	Método/ tempo	E	N	h	RMS HZ	RMSV
IPHAN0	Ajustado	715593,7810	6861112,128	3,068	0,0063	0,014
	PPP (2h22min)	715593,7700	6861112,1270	3,020	0,0050	0,013
Ponto 2	Ajustado	742642,0776	6945310,1652	13,171	0,0016	0,002
	PPP (1h57min)	742642,0410	6945310,1370	13,080	0,0360	0,040
	PPP (1h7min)	742642,0640	6945310,1740	13,070	0,0208	0,044
Ponto 7	Ajustado	742699,0978	6945330,4287	13,350	0,0016	0,004
	PPP (1h53min)	742699,1160	6945330,4100	13,310	0,0361	0,041
	PPP (20min)	742699,0780	6945330,3920	13,370	0,1094	0,238
EL	Ajustado	742652,8013	6945314,5404	13,350	0,0028	0,0029
	PPP (52 min)	742652,7750	6945314,5410	13,250	0,0266	0,056
P	Ajustado	742630,5684	6945332,3924	13,519	0,0027	0,003
	PPP (20min)	742630,4790	6945332,3810	13,080	0,0712	0,137

Conforme a tabela 35 as precisões do processamento PPP apresentaram valores maiores (baixa precisão) para os pontos com menor tempo, coerentes com as previsões publicadas pelo IBGE dos valores estimados de precisão de acordo com o tempo de rastreo.

Os ponto 7 e P com vinte minutos de rastreo, apresentaram baixas precisões na vertical, com 238mm e 137mm respectivamente. A precisão horizontal apresento 109,4mm para o ponto 7 e 71,2mm para o ponto P. Os pontos rastreados com tempo próximos de duas horas apresentaram valores de precisões abaixo de 36mm na horizontal e abaixo de 44mm na vertical.

Tabela 36: Desvios encontrados entre o processamento PPP e o ajustamento ao SGB.

Ponto	ΔE	ΔN	DESV Hz	Δh	Tempo
IPHAN0	0,0110	0,0008	0,0110	0,048	2h22min
Ponto 2	0,0366	0,0282	0,0462	0,091	1h57min
Ponto 2	0,0136	-0,0088	0,0162	0,101	1h7min
Ponto 7	-0,0182	0,0187	0,0261	0,040	1h53min
Ponto 7	0,0380	0,0180	0,0420	-0,020	20min
EL	0,0263	-0,0006	0,0263	-0,100	52min
P	0,0894	0,0114	0,0901	0,109	20min

Os valores de desvios encontrados para o ponto IPHAN0 tiveram 11mm na horizontal e 48mm na vertical, para o Ponto 2 com o rastreo de 1h57min o desvio horizontal apresentou 46,2mm na horizontal e 91mm na vertical e para o rastreo com tempo menor (1h07min) na horizontal o desvio foi de 16,2mm e na vertical 101mm.

O ponto 7 teve como resultado na horizontal um desvio de 26,1mm e vertical 40mm no rastreo de 1h53min, para o rastreo de 20 minutos, o valor encontrado foi de 42mm na horizontal e -20mm na vertical. O ponto EL ficou com 26,3mm na horizontal e -100mm na vertical e o ponto P apresentou 90,1mm de desvio na horizontal e 109mm na vertical.

Os valores de desvios são maiores para os tempos de rastreios mais curtos, não existe um tempo determinado para que o ponto tenha qualidade, mas tempos inferiores a uma hora e próximos desse valor mostraram-se com desvios maiores podendo comprometer a qualidade do trabalho, principalmente na questão altimétrica. Os resultados com desvios menores foi o do Ponto IPHAN0 que teve mais de duas horas de rastreo.

O PPP passa a ser uma alternativa quando as bases do SGB estão distantes e o local de rastreo demanda tempo excessivo para o deslocamento a uma rede passiva do SGB, assim tem-se a possibilidade em campo de rastrear um ponto e realizar outras tarefas simultaneamente deixando para o escritório o serviço de processamento. Neste caso, para sítios arqueológicos com difícil acesso e deslocamento complicado com distâncias longas em relação às bases do SGB, o PPP torna-se uma possibilidade econômica e tecnicamente interessante, no entanto é necessário observar a tabela de tempo e precisão esperada de acordo com o IBGE

Nos casos de tempos de rastreios inferiores a uma hora, o PPP só deve ser utilizado para implantar pontos de referência para levantamento expeditos. Para os casos de levantamentos de detalhes e para fins de agrimensura e cadastro recomenda-se respeitar os tempos publicados pelo IBGE para alcançar as precisões previstas.

Contudo o método PPP é viável para a implantação de bases para o levantamento do PCM, tanto para os detalhes, quanto para fins de agrimensura e cadastro.

4.2 Métodos convencionais de levantamento

Para as aplicações em campo dos métodos convencionais de levantamento foram implantadas um Poligonal Fechada, uma Poligonal Enquadrada tipo 2 e uma Poligonal Aberta.

Além disto, foram realizados três levantamentos de detalhes, um com a finalidade do conhecimento do relevo através de um levantamento planialtimétrico no sítio arqueológico da Fazenda Bananeiras II localizada em Lages/SC e um levantamento planialtimétrico e de detalhes no sambaqui do Perixxil em Laguna/SC e por fim foi feito um levantamento planialtimétrico com locação de pontos de sondagem e apoio de campo para delimitação do sítio arqueológico no sambaqui da Ponta do Lessa em Florianópolis/SC.

4.2.1 Poligonal Fechada

O experimento da Poligonal Fechada foi realizado nas dependências do IFSC, primeiramente foram estudadas as classes de Poligonal da NBR 13133, assim como o tamanho da área a ser mensurada, além da verificação das visadas e dos obstáculos em campo. O objetivo foi testar a implantação de pontos de referência a partir de pontos georreferenciados ajustados ao SGB.

Foi definida a Poligonal IIPRC da NBR13133, que tem como característica um lado mínimo de 40 metros e o lado médio deve ser maior ou igual a 80 metros, o método deve ser aplicado com duas séries de leituras conjugadas nas posições direta e inversa, além de exigir teodolito classe 2 e distanciômetro classe 1. Portanto o levantamento contou com uma Estação Total Topcon modelo 235W com 5" de precisão nominal angular (classe 2) e $\pm 2\text{mm} + 2\text{ppm}$ de precisão nominal linear (classe 1).

Foram realizadas duas séries de leituras conjugadas nas posições direta e inversa conforme exigido pela norma. Para o posicionamento dos pontos de ré e vante foi utilizado um bastão de ferro graduado com prisma refletor e o mesmo foi apoiado com um tripé para bastões. Para a Estação Total utilizou-se um tripé de madeira e a atividade teve auxílio de alunos da turma da disciplina de Topografia III do Curso Técnico de Agrimensura do IFSC no período matutino do semestre de 2013-2.

Foram coletados em campo os ângulos e distâncias e os dados foram processados no Programa de Automação Topográfica Posição. Foi informado ao programa que a poligonal era Tipo 1 e IIPRC, conforme figura 95, para que o mesmo aplicasse a tolerância, pois esse

software tem as classes de poligonais com as tolerâncias configuradas no sistema, inclusive os dados tabelados pela norma técnica.

Figura 95: Tela do programa Posição com a configuração da Poligonal IIPRC

A Poligonal contou com cinco Estações, sendo Ponto 2, materializado com marco de concreto, Ponto 3, Ponto 4 e Ponto 5 demarcados com pino metálico, Ponto 6 materializado com marco de concreto retornando ao Ponto 2, essa poligonal teve o ponto de orientação externo à linha do caminhamento, sendo a primeira e última Estação o Ponto 2 e a primeira ré e última vante o Ponto 7.

A figura 96 apresenta uma ilustração da distribuição dos pontos, os símbolos de triângulos são os pontos GNSS de partida e chegada. As coordenadas dos Pontos 2 e 7 são as que foram apresentadas no capítulo 4.1.1.

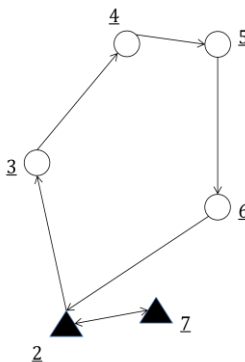


Figura 96: Ilustração da distribuição dos pontos.

Após o processamento no programa Posição os resultados obtidos foram: Área de 12.181,39 m² e 454,404 metros de perímetro e erros de fechamento que podem ser vistos na tabela 37.

Tabela 37: Dados de Erros de Fechamento da Poligonal Fechada

Parâmetros	Erros	Tolerâncias
Angular:	0°00'34"	0°02'14"
Relativo:	1:14813	1:2242
Linear:	0.0305m	0,1357m
Eixo Norte:	0.0079m	
Eixo Este:	0.0295m	
Altimétrico:	0.0237m	0.1009m

Todos os parâmetros ficaram dentro da tolerância estabelecida pela norma técnica, o erro angular encontrado foi de 34" e o erro linear de 30,5mm (0,0305m), com tolerâncias de 02'14" e 0,1357m respectivamente.

A tabela 38 apresenta, os azimutes, distâncias, coordenadas UTM e altitudes dos pontos da Poligonal Fechada.

Tabela 38: Coordenadas UTM da Poligonal Fechada.

Estação	Azimute	Distância	N	E	h
2	350°16'27.0"	96.0582	6945310.165	742642.078	13.171
3	41°44'03.6"	87.7387	6945404.843	742625.850	13.320
4	87°04'14.6"	56.5167	6945470.317	742684.256	12.708
5	182°10'54.2"	95.8708	6945473.205	742740.699	13.454
6	234°42'07.1"	116.3641	6945377.404	742737.049	13.704

A implantação da Poligonal Fechada apresentou bons resultados nos erros de fechamentos dos cálculos. A única desvantagem das Poligonais apresentadas na NBR13133 são as dimensões de lados mínimos e principalmente de lado médio. A Poligonal IIPRC é uma das menores em termos de lado mínimo (40 metros) e a menor em termos de lado médio (80 metros), entretanto a área de abrangência de uma Poligonal com essas características pode ser bem superior a área de um sítio arqueológico.

As poligonais com lados menores possuem tolerâncias maiores na classificação da NBR13133, esse fator pode trazer maiores erros de posicionamento dos pontos quando se trabalhar no limite dessas tolerâncias.

Contudo a Poligonal Fechada é viável na implantação de pontos de referência para apoio aos levantamentos de detalhes e para fins de agrimensura e cadastro do Patrimônio Cultural. Andrews et al. (2009) apresenta uma aplicação de Poligonal fechada para a medição da Igreja de São Laurence na Inglaterra e destaca esse método aplicado ao levantamento patrimonial.

4.2.2 Poligonal Enquadrada

A implantação da Poligonal Enquadrada deu-se no levantamento do Sambaqui do Perixxil, Laguna/SC. Os pontos de referências utilizados foram os: IPHAN0, IPHANM2 , P1 e P2 apresentados nos capítulos 4.1.2 e 4.1.3.2. O objetivo da implantação dessa poligonal foi dar apoio ao levantamento planialtimétrico e de detalhes do sítio arqueológico.

Em campo foi realizado um planejamento para a implantação da Poligonal Enquadrada, verificou-se os possíveis locais de pontos de Estação e as visadas aos pontos de interesse, foram demarcados provisoriamente pontos, para verificação das distâncias entre os mesmos e estudar a possibilidade de utilização de uma poligonal normatizada pela NBR13133. Ao se confirmar o posicionamento dos pontos os mesmos foram demarcados definitivamente.

O caminhamento planejado da poligonal foi iniciado com a primeira Estação no ponto IPHANM2 e leitura de ré no IPHAN0, com um ponto de vante (aproximadamente 70m de distância) ao ponto P3, deste a aproximadamente 56 metros chega-se ao ponto P2, que foi a última Estação da Poligonal tendo a última leitura de vante o ponto P1.

A Poligonal também contou com três pontos auxiliares (A1, A2 e A3), os mesmos foram determinados a partir dos pontos da poligonal principal. A figura 97 mostra um croqui da Poligonal Enquadrada e a sequência de Estação, Ré e Vante pode ser visualizada na tabela 39.

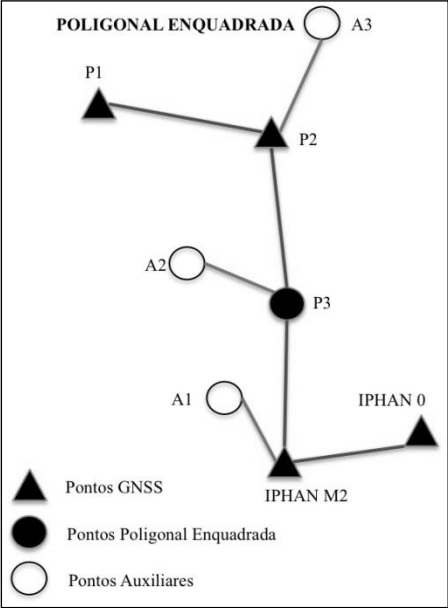


Figura 97: Ilustração da Poligonal Enquadrada.

Tabela 39: Sequência da Poligonal Enquadrada.

Ré	Estação	Vante
IPHAN0	M2	P3
M2	P3	P2
P3	P2	P1

Foi verificada a classe do equipamento disponível, uma Estação Total com teodolito e distanciômetro classe 2. Considerou-se a finalidade do trabalho, que teve como objetivo o levantamento planialtimétrico, para verificar o atendimento da NBR131333, assim como as necessidade de visadas em campo. Para verificação do enquadramento das poligonais foi elaborada um quadro com as poligonais que poderiam se enquadrar no objeto do estudo.

O quadro 6 mostra as classes para os levantamentos planialtimétricos, o vínculo dessas com as classes de poligonais planimétricas e classe de nivelamento, bem como o número de séries de leituras exigidos das poligonais classificadas na norma técnica.

Quadro 6: Classes de poligonais para a aplicação da Poligonal Enquadrada

Classe	Lado mínimo (m)	Lado médio (m)	Vínculo planimétrico	Nivelamento	Série de leituras
IPA	30	90	VP	IVN	1PD*
IIPA	30	160	IVP	IIN	1
IIIPA	50	170	IIIP	IIN	2
IVPA	100	190	IIP	IIN	3
IPAC	50	170	IIIP	IIN	2
IIPAC	100	190	IIP	IIN	3

*PD = Posição direta

Considerando os pontos previamente demarcados em campo, verifica-se que no parâmetro lado médio (63 metros) não existe poligonal viável. Para o lado mínimo, as poligonais IPA, IIPA, IIIPA e IPAC são atendidas.

A Poligonal IPA exige apenas uma leitura na posição direta da luneta, a altimetria para essa classe de poligonal está vinculada ao nivelamento IVN e planimetria está relacionada com a Poligonal VP, em termos de distância entre os pontos poligonais essa se apresenta como melhor opção, pois é tem o valor mínimo de acordo com as medidas em campo e o menor valor médio, a única desvantagem a falta de exigência de séries de leituras.

A poligonal IIPA exige pelo menos uma série de leituras conjugadas, pois tem relação com a Poligonal planimétrica IVP e nivelamento tipo IIN, mas nesse caso o lado médio está fora do especificado, pois o valor normatizado é de 160 metros.

A poligonal IIIPA exige duas séries de leituras e tem como Poligonal planimétrica a IIIP, o lado médio exigido é superior (170 metros) ao encontrado em campo, o mesmo ocorre com a Poligonal IPAC, que possui os mesmos parâmetros.

Nesse caso a Poligonal IPA se torna a mais adequada na questão de distância e finalidade, contudo foi realizada uma adaptação das classes de poligonais com as seguintes características: 1) foram realizadas três séries de leituras conjugadas na posição direta e inversa com objetivo de melhor ajustamento; 2) realizou-se a medição de pontos de controle em campo, através de medidas de um mesmo pontos de diferentes pontos poligonais; 3) para o cálculo da tolerância altimétrica utilizou-se a classe de nivelamento IIIN (trigonométrico), uma acima da exigida IVN para a Poligonal IPA e 4) para o cálculo planimétrico foi utilizada a classe IVP uma superior a exigida VP para a Poligonal utilizada IPA.

Não existe na norma técnica uma alternativa que tenha o vínculo planimétrico com a IVP e altimétrico com a IIIN para as poligonais classe PA, sendo assim os parâmetros das classes poligonais foram adaptados com intuito de estreitar a tolerância. Os resultados do processamento da Poligonal Enquadrada estão apresentados no quadro 7.

Quadro 7:Resultados do processamento da Poligonal Enquadrada

Parâmetros	Dados	
Perímetro:	126,670	
	Erros	Tolerâncias
Angular:	0°01'19"	± 0°01'47,5"
Relativo:	1:18973	1:632
Linear:	0,0067	± 0,1998 m
Eixo Norte:	0,0064	
Eixo Este:	0,0019	
Altimétrico:	-0,0355	± 0,0553 m

Todos os resultados de ajustamento dentro das tolerâncias para a Poligonal classe IVP e nivelamento classe IIIN de acordo com os parâmetros tabelados na NBR 13133. As altitudes determinadas por GNSS foram calculadas ao nível médio dos mares através do Programa MAPGEO 2010 do IBGE, esses valores foram utilizados na altimetria através das altitudes ortométricas. As coordenadas UTM e as altitudes ortométricas da Poligonal Enquadrada e dos pontos auxiliares podem ser visualizadas na tabela 40.

Tabela 40: Coordenadas UTM e altitude ortométrica dos pontos Poligonal Enquadrada.

Ponto	N	E	H
M2	6861074,0632	715568,7394	1,927
P3	6861103,4109	715504,0934	2,255
P2	6861073,2977	715457,2418	3,427
A1	6861087,5752	715533,8354	1,884
A2	6861079,1603	715468,1192	3,454
A3	6861035,9949	715436,6587	1,362

Na implantação das Poligonais deve-se estudar a viabilidade em campo e verificar os parâmetros normativos, na dificuldade do atendimento às classes da NBR13133 a Poligonal deve ser adaptada, considerando as distâncias mínima e média entre os pontos, a finalidade do trabalho e a quantidade de séries de leituras.

A Poligonal Enquadrada é a que possui maior rigor nos cálculos de fechamento por ter ponto de chegada distinto do ponto de partida e deve ser utilizada sempre que possível.

Essa técnica deve ser utilizada para implantação dos pontos de referências para os levantamentos do Patrimônio Cultural Material, tanto para detalhes quando para agrimensura e cadastro e deve partir de pontos com boas precisões, caso contrário os erros de fechamento podem se apresentar acima da tolerância.

4.2.3 Poligonal Aberta

Para o teste da Poligonal Aberta foram utilizados os mesmos dados da Poligonal Enquadrada (capítulo 4.2.2) do Sambaqui Perrixil. Isto permite a comparação entre os resultados de ambas poligonais. Por não ter erro de fechamento a Poligonal Aberta também não possui tolerâncias pré estabelecidas.

Dessa forma, configurou-se o programa de automação topográfica Posição para processamento em Poligonal Aberta obtendo-se as coordenadas UTM e altitudes ortométricas dos pontos, que podem ser vistos na tabela 41, juntamente com os resultados obtidos nos cálculos de Poligonal Enquadrada, A tabela 42 mostra as diferenças entre as coordenadas calculadas pelos dois métodos.

Tabela 41: Tabela de coordenadas UTM e altitude ortométrica da Poligonal Enquadrada e Poligonal Aberta.

Ponto	Poligonal Enquadrada			Poligonal Aberta		
	N	E	H	N	E	H
P3	6861103,4109	715504,0934	2,255	6861103,4071	715504,0920	2,235
P2	6861073,2977	715457,2418	3,427	6861073,2992	715457,2346	3,392
A1	6861087,5752	715533,8354	1,884	6861087,5752	715533,8354	1,884
A2	6861079,1603	715468,1192	3,454	6861079,1596	715468,1128	3,419
A3	6861035,9949	715436,6587	1,362	6861035,9997	715436,6447	1,327

Tabela 42: Valores dos desvios comparando a Poligonal Enquadrada e Aberta.

Ponto	ΔN	ΔE	Desvio Hz	ΔH
P3	0,0038	0,0014	0,0038	0,020
P2	-0,0015	0,0072	0,0016	0,035
A1	0,0000	0,0000	0,0000	0,000
A2	0,0007	0,0064	0,0007	0,035
A3	-0,0048	0,0140	0,0050	0,035

A comparação entre os dois métodos de poligonais mostram que os desvios horizontais apresentam o maior valor no ponto A3 com 5mm de diferença posicional e 35 mm na altimetria. O valor de A1 se apresentou zero pois o mesmo foi medido do primeiro ponto poligonal (partida) e não sofreu nenhuma diferença no cálculo por ser o mesmo ponto de partida em ambas poligonais.

O ponto P3 apresentou diferença de 3,8mm na horizontal e 20mm na vertical e o Ponto P2 apresentou 1,6mm na horizontal e 35mm na vertical.

As diferenças posicionais horizontais ficaram todas menores ou igual a 5mm o que indica a possibilidade da utilização deste tipo de Poligonal para o levantamento do PCM. Segundo Bryan et al. (2009) os levantamentos utilizando técnicas de topografia devem ter precisão entre 60mm e 150mm, valores mais altos em relação ao encontrado neste experimento.

Neste caso foi possível a comparação com os dados da Poligonal Enquadrada, fato esse que não ocorrerá na prática de implantação de Poligonais Abertas. Todavia se faz necessária medições de controle em campo, mensurando o mesmo ponto de locais distintos para se ter a qualidade do trabalho realizado e essa metodologia também foi aplicada neste trabalho.

A partir dos pontos IPHANM2 e P3 foram realizadas medições ao ponto IPHANM1, que foi rastreado via RTK (Capítulo 4.1.3.2), esse ponto não fez parte da poligonal e tampouco foi utilizado como referência. A figura 98 mostra um esquema das visadas dos pontos poligonais simbolizados com setas e os dados encontrados podem ser vistos na tabela 43.

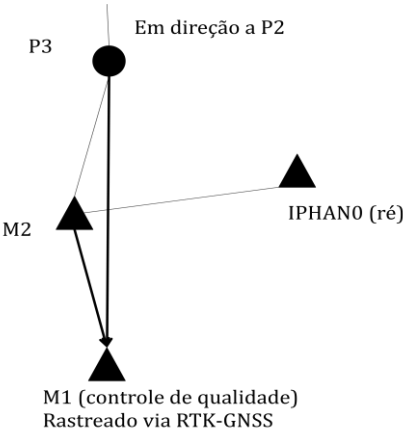


Figura 98: Esquema do controle de qualidade da Poligonal Aberta

Tabela 43: Dados de controle de qualidade da poligonal aberta.

Estação	Ponto Visado	N	E	H
M2	M1	6861064,0269	715586,2209	1,936
P3	M1	6861064,0223	715586,2263	1,956
Desvios		0,0046	-0,0054	-0,0201

Os resultados mostram que os desvios nos eixos N de 0,0046 e E -0,0054 implicam em um erro planimétrico resultante de 0,0071m, ou 7,1 mm. O desvio altimétrico foi de 20,1mm. Os valores encontrados neste controle de qualidade também se encontram abaixo do especificado por Bryan et al. (2009) para o levantamento do Patrimônio Cultural Material.

A Poligonal Aberta mostrou-se aplicável na implantação de pontos de referência. A mesma pode ser utilizada nos casos de levantamento de detalhes e se não houver alternativa de outra técnica também para fins de agrimensura e cadastro, no entanto torna-se obrigatória a realização das medições de controles para conhecer a qualidade dos pontos de referência implantados.

4.2.4 Método de Estação Livre.

Este capítulo tem como objetivo demonstrar o método de Estação Livre para adensamento de rede de referência e apoio ao levantamento topográfico e geodésico, utilizando de pontos de referência ajustados em rede. A aplicação do método seguiu a ordem:

- a) Identificação dos pontos de referência;
- b) Determinação do fator de escala (FE);
- c) Mensuração dos pontos de referência e resultado do ponto de Estação Livre (EL);
- d) Anotação dos desvios e resíduos;
- e) Anotação do desvio padrão do ponto EL;
- f) Análise da discrepância do ponto EL;
- g) Análise da exatidão em relação aos pontos de referência.

4.2.4.1 Identificação dos Pontos de Referências

No capítulo 4.1.1 foi apresentado o ajustamento em rede em um experimento realizado no IFSC, os resultados desse trabalho foram utilizados de referência para a aplicação do método de Estação Livre (EL).

Foram localizados em campo os quatro pontos ajustados em rede e o ponto EL foi considerado, como desconhecido, assim a finalidade foi determinar a coordenada desse ponto por Estação Livre, neste caso, utilizou-se dos pontos 2, 7 e P como referência.

A figura 99 mostra os pontos utilizados na aplicação do método EL. Os triângulos pretos representam os pontos de referências utilizados e o triângulo em branco o novo ponto a ser determinado.

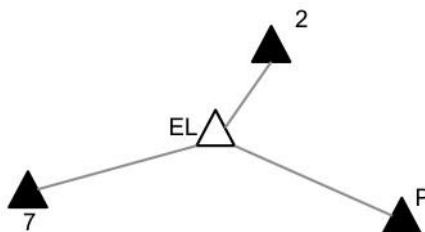


Figura 99: Disposição dos pontos para o método EL

4.2.4.2 Determinação do Fator de Escala (FE)

Algumas marcas e modelos de Estação Total calculam o fator de escala (FE) de acordo com as medições em campo e com as coordenadas dos pontos de referência. O equipamento utilizado para esse trabalho não tem essa função sendo que o FE deve ser determinado em campo.

Para a determinação do FE a estação total foi configurada utilizando o fator de escala igual a 1,000000 e a altitude igual a 0m. A partir dessa prévia configuração foram medidas distâncias topográficas

entre os pontos de referência, sendo elas entre o Ponto 2-7 (60,5137m), do Ponto 7-P (68,5137m) e do Ponto P-2 (25,0302m). O valor encontrado nas medições topográficas foi dividido do valor calculado pelas coordenadas UTM de acordo com a equação 10 vista no capítulo 3.1.5.

Obteve-se três valores distintos de FE, sendo o valor final assumido na Estação Total a média aritmética, no caso : 1,00025723.

4.2.4.3 Mensuração dos pontos - Aplicação do Método de Estação Livre

Para diferenciar os pontos a serem determinados em campo foi criada uma nomenclatura que pode ser visualizada na tabela 44. A aplicação do método levou em consideração somente a planimetria, não importando nesse momento os dados altimétricos. Foi utilizado o método de Estação Livre com medições lineares e angulares aos pontos de referências.

O levantamento foi realizado utilizando medições na posição direta da luneta da Estação Total e posteriormente reaplicado o método com uma série de leituras conjugadas na posição direta e inversa. A sigla EL é o nome do ponto, PD significa posição direta da luneta, PI significa posição inversa da luneta (tabela 44).

Tabela 44: Nomenclatura dos pontos utilizados no método de Estação Livre

Identificação	Posição da Luneta
EL-PD	Direta
EL-PDPI	Direta inversa

Para o levantamento de campo foi utilizada uma Estação Total marca Leica, modelo TS02, com precisão nominal angular de $\pm 7''$ de precisão nominal linear de $\pm 2\text{mm} + 1\text{ppm}$. Utilizou-se os cálculos do programa interno da Estação Total e por isso não foram realizados cálculos complementares.

A Estação Total foi instalada no ponto EL e foram realizadas as medições angulares e lineares, ao término das medições o programa interno da Estação Total calculou os desvios angulares e lineares para cada ponto da rede. Além disso, foi apresentado o valor de desvio padrão horizontal do ponto EL e a sua precisão angular. Ressalta-se que todos os dados obtidos no levantamento foram anotados em um croqui e gerada uma tabela de campo.

Após a determinação do ponto EL, os pontos de referências utilizados foram medidos novamente para comparar com as coordenadas UTM dos mesmos, caracterizando esse processo um controle de qualidade que se configura na determinação da exatidão dos pontos da rede.

Os resultados desta pesquisa estão divididos em três etapas que estão apresentadas nos próximos sub-capítulos, e são: a) os valores dos desvios dos pontos de referência e desvio padrão do ponto EL; b) a discrepância entre as coordenadas EL e a coordenadas ajustadas por técnica GNSS e; c) a exatidão dos pontos de referência medidos a partir do EL e as coordenadas ajustadas por técnica GNSS.

4.2.4.4 Desvios dos pontos de referência e desvio padrão do ponto EL

Os desvios lineares e angulares dos pontos de referência podem ser visualizados no quadro 8. Os resultados mostram maiores desvios angulares no Ponto 2 (35"), quando medido do ponto EL-PDPI, esse fato ocorreu pois este ponto encontrava-se próximo do Ponto EL e portanto já se tinha prévia noção de que o maior erro angular seria atribuído a esse ponto. O menor valor de 00" no Ponto 7 para as medições somente na Posição direta.

Os valores de desvios lineares horizontal ficaram na casa do milímetro, tendo como maior valor de desvio -1,4 milímetros no ponto P quando mensurado o ponto de Estação Livre EL-PD e -1,3 a partir da Estação EL-PDPI. Os demais desvios lineares ficaram abaixo de 1 milímetro (quadro 8).

Quadro 8: Desvios lineares e angulares dos pontos da Rede de Referência

Estação: EL-PD		
Pontos da Rede	Desvio Hz	Desvio ang.
P	-1,4	-4"
2	0,8	27"
7	0,6	00"
Estação: EL-PDPI		
Pontos da Rede	Desvio Hz	Desvio ang.
P	-1,3	-9"
2	-0,2	35"
7	0,7	1"

Além dos desvios dos pontos de referência também foram calculados os desvios padrão linear e angular do novo ponto determinado por Estação Livre. Esses valores podem ser visualizados na tabela 45.

Tabela 45: Desvio padrão dos pontos determinados por Estação Livre

PONTO EL	Desvio E (mm)	Desvio N(mm)	Desvio Hz(mm)	Desvio ang
EL-PD	1,0	1,0	1,5	4"
EL-PDPI	1,2	1,2	1,7	6"

O maior valor de desvio padrão linear horizontal foi de 1,7 milímetros no Ponto EL-PDPI, que também teve o maior valor de desvio padrão angular de 6" e o menor valor de desvio padrão linear horizontal foi de 1,5 milímetros no ponto EL-PD, que também teve o menor valor de desvio padrão angular de 4".

A utilização da posição inversa da luneta faz com que o ponto de referência seja medido duas vezes, além disso é utilizada mais de uma parte do limbo para medir o mesmo ponto KAHMEN & FAIG (1988).

Ressalta-se que não são todas as marcas de Estações Totais que permitem o uso de séries de leituras conjugadas nas posições direta e inversa para o método de Estação Livre, para esses casos o cálculo deveria ser realizado externamente à Estação Total, tendo uma perda em produtividade durante o trabalho.

Apesar dos valores de desvio dos pontos de referência e o desvio padrão do Ponto EL terem apresentado os maiores valores quando utilizado essa técnica não significa que o procedimento não seja confiável, pelo contrário, pois pontos mensurados mais de uma vez apresentam valores de desvio com maior confiabilidade.

4.2.4.5 Discrepância entre as coordenadas EL e as coordenadas ajustadas por técnica GNSS

As coordenadas da Estação Total determinadas pelo método de Estação Livre (EL) foram comparadas com o resultado do ajustamento em rede com os pontos de referência utilizados no trabalho. O objetivo dessa comparação foi de verificar o desempenho do método de Estação Livre em homogeneizar o novo ponto à rede de referência.

A tabela 46 apresenta as coordenadas UTM dos pontos de Estação Livre e a tabela 47 apresenta as discrepâncias em relação à coordenada ajustada por técnica GNSS (Capítulo 4.1.1).

Tabela 46: Coordenadas UTM dos Pontos de Estação Livre

PONTO EL	E	N
EL-PD	742652,7970	6945314,5428
EL-PDPI	742652,7970	6945314,5437

Tabela 47: Discrepância da coordenada UTM por Estação Livre em relação ao ajustamento de rede via GNSS.

PONTO EL	ΔE	ΔN	Discrepância Hz
EL-PD	-4,3	2,4	4,9
EL-PDPI	-4,3	3,3	5,4

O maior valor de discrepância foi verificado para a Estação EL-PDPI com 5,4 milímetros e o menor valor foi obtido para a Estação EL-PD com 4,9 milímetros. Os resultados se mostraram coerentes em relação aos desvios apresentados nos itens 4.2.4.4 (quadro 8 e tabela 45), porém a Estação que utilizou a série de leitura conjugada apresentou discrepância levemente superior.

No entanto os valores obtidos para ambas as Estações medidas foram adequados às precisões para a determinação de um novo ponto de adensamento da rede de referência, pois enquadraram-se no limite da tolerância apresentados por Bryan et al. (2009).

4.2.4.6 Exatidão dos pontos de referência medidos a partir do EL e as coordenadas ajustadas por Técnica GNSS

Ao término da determinação das coordenadas por Estação Livre, os pontos de referência utilizados no procedimento foram medidos novamente. As coordenadas UTM dos pontos de referencia são apresentadas no quadro 9 e os valores de exatidão podem ser vistos no quadro 10.

Quadro 9: Coordenadas UTM dos Pontos de Referência medidos das Estações EL

EL-PD		
Ponto	E	N
P	742630,5690	6945332,3909
7	742699,1004	6945330,4267
2	742642,0764	6945310,1656
EL-PDPI		
Ponto	E	N
P	742630,5688	6945332,3910
7	742699,0994	6945330,4320
2	742642,0763	6945310,1660

Quadro 10: Desvios da Coordenada UTM dos Pontos de Referência medidos das Estações EL

EL-PD			
Ponto	ΔE (mm)	ΔN (mm)	Exatidão Hz (mm)
P	0,6	-1,5	1,6
7	2,6	-2,0	3,3
2	-1,2	0,4	1,3
EL-PDPI			
Ponto	ΔE (mm)	ΔN (mm)	Exatidão Hz (mm)
P	0,4	-1,4	1,5
7	1,6	3,3	3,7
2	-1,3	0,8	1,5

Por meio do quadro 10 verifica-se a menor exatidão presente no Ponto 7 a partir de medições da Estação EL-PDPI com 3,7mm e 3,3mm a partir do EL-PD. Os menores valores encontrados foram para o Ponto 2 a partir do EL-PD com 1,3 mm e ao ponto 2 e ponto P na Estação EL-PDPI com 1,5mm.

Esse resultado pode ser considerado adequado em um cenário de adensamento de rede e apoio básico ao levantamento do Patrimônio Cultural Material.

Todavia o método se mostrou interessante para a finalidade proposta de adensamento de rede e também como apoio imediato ao levantamento topográfico e geodésico, para fins de agrimensura e de detalhamento dos bens patrimoniais.

4.3 Levantamento Planialtimétrico Sambaqui Perrixil

Em contato com o IPHAN, foi levantada a necessidade de mensuração de um sambaqui no município de Laguna. Essa oportunidade se enquadrava no tema desta tese e por isso foi solicitado aos técnicos do IPHAN que descrevessem as necessidades do material a ser entregue fruto do trabalho de campo.

A instituição informou que necessitava de uma planta de levantamento topográfico planialtimétrico, mas não forneceu detalhes e tampouco exigiu métodos de levantamento, a única exigência é que o levantamento devia ser georreferenciado, sendo assim não se teve previamente os detalhes que deveriam conter no produto final. Entretanto um técnico do IPHAN do setor de arqueologia acompanhou o trabalho e orientou em campo quais eram os locais de interesse a serem representados.

Foi realizado um planejamento para o levantamento planialtimétrico. Os passos para o desenvolvimento do trabalhos foram: 1) Estudo da viabilidade de implantação de pontos GNSS ajustado ao SGB; 2) Verificação dos métodos a serem aplicados; 3) Planejamento de pontos para a implantação de Poligonal de apoio e definição da classe de poligonal; 4) Elaboração de um croqui para o início do trabalho e 5) Levantamento de detalhes e de pontos para a geração de curvas de nível.

Os três primeiros passos foram apresentados nos capítulos 4.1.2 com a implantação do ponto IPHAN0, capítulo 4.1.3.2 com a mensuração de pontos de apoio via método RTK (GNSS) e 4.2.2 com a implantação da poligonal enquadrada de apoio ao levantamento.

Os métodos selecionados para o levantamento de detalhes foram: a irradiação a partir dos pontos poligonais e auxiliares (capítulo 4.2.2) e por método RTK com comunicação via rádio.

Foi utilizada uma Estação Total Leica modelo TS02 e um par GNSS Topcon modelo Hiper Lite Plus para as medições em campo.

A Poligonal Enquadrada teve início no ponto IPHAN M2, materializado com uma placa de metal no concreto da estrutura de uma balsa. Com a Estação Total instalada foi realizada as leituras de orientação (ré) no ponto IPHAN0, materializado com pino de metal (Cap. 4.1.2).

O caminhamento da poligonal foi o IPHAN M2, P3 e P2 como pontos principais com ultima vante no ponto P1. A partir desses pontos não foi possível visualizar todos os pontos de detalhes, principalmente cantos de edificações e pontos altimétricos para geração de curva de nível, por esse motivo foram demarcados pontos auxiliares chamados de

A1, A2 e A3, esses pontos não fazem parte da poligonal principal, a partir dos pontos principais os auxiliares são lançados para que possam ser ocupados e a partir deles mensurar demais pontos de interesse.

O processamento de dados foi realizado no Programa Posição para os dados levantados com Estação Total, imediatamente depois do cálculo da Poligonal Enquadrada as irradiações foram calculadas e obteve-se uma lista de coordenadas que foram importadas para um programa de desenho CAD.

Depois do término do levantamento com a Estação Total deu-se início ao levantamento GNSS pelo método RTK, o receptor base foi instalado no ponto IPHAN0 e com o receptor rover foram medidos pontos de detalhes e de altitudes para a modelagem de terreno. Nos locais onde não havia cobertura vegetal e as condições de rastreo eram boas priorizou-se o levantamento por esse método.

Os dados medidos por RTK foram descarregados no Programa Topcon Tools versão 8.2.3 e as coordenadas geodésicas foram importadas para o programa MAPGEO 2010 com objetivo de obter a ondulação geoidal para o cálculo da altitudes ortométricas dos pontos de detalhes.

As coordenadas UTM levantadas pelo método RTK com as respectivas altitudes ortométricas foram importadas para o desenho que já continhas as informações levantadas com Estação Total, assim integrando os métodos de levantamento para a elaboração da planta topográfica.

Com o apoio do croqui de campo deu-se início ao desenho dos detalhes das casas, arruamento, postes, lagoa, trapiche da balsa e todos os elementos mensurados em campo. Posteriormente o terreno foi modelado através do Programa Posição em interface com programa CAD. Foi elaborada uma planta em folha tamanho A2 com as informações mensuradas e o conteúdo foi:

- Desenho dos detalhes e curva de nível;
- Desenho da Poligonal Enquadrada e dos pontos GNSS;
- Lista de coordenadas dos pontos de referência;
- Croqui de localização;
- Legenda;
- Diagrama de orientação com a representação do norte verdadeiro, norte magnético e norte de quadricula;
- Selo com as informações técnicas; e
- Malha de coordenadas.

A figura 100 apresenta um extrato da planta elaborada com a área das curvas de nível, com a representação das edificações, lagoa, a linha e pontos da poligonal, parte do trapiche da balsa e na parte inferior a esquerda pontos das oficinas líticas.



Figura 100: Área da representação dos dados levantados em campo.

Foram mensuradas quinze áreas edificadas, um trapiche de concreto da balsa para Imaruí/SC, 241 pontos no total, 173 pontos com Estação Total e 68 pontos pelo método RTK, também foram medidas duas localidades de oficina lítica. A área de abrangência do levantamento foi de 18.000m², ou 1,8 hectare.

Segundo a NBR 13133 a poligonal IPA utilizada no trabalho exige 4 pontos por hectare e as curvas de nível devem ter 5 metros de equidistância vertical. No atual levantamento foram medidos 121 no total sendo 67 pontos por hectares, 1,5 vezes a mais do que a Poligonal mais exigente em números de pontos da NBR13133 (IVPA) e as curvas de nível foram geradas com um metro de equidistância vertical.

Além da planta topográfica, foi elaborado um relatório técnico conforme item 5.25 da NBR13133 e os resultados foram entregues para o IPHAN na superintendência Estadual de Santa Catarina.

4.3.1 Levantamento oficina lítica

Em campo foram mensurados pontos onde se encontravam as oficinas líticas, no entanto houve a necessidade de realizar um detalhamento de uma oficina lítica para a verificação do uso de equipamentos de topografia para a tomada de informações.

Geralmente o desenho é feito a mão com o auxílio de trena. Para o uso de Estação Total para levantar essa feição foi selecionada uma rocha que compunha a oficina lítica através de orientação do técnico do IPHAN.

Para o levantamento da oficina lítica foi utilizado o método de levantamento por coordenadas através do uso de uma Estação Total, marca Leica, modelo TS02, o trabalho foi desenvolvido no Plano Topográfico Horizontal. Foi arbitrada uma coordenada para a Estação Total e a orientação foi dada em direção norte magnética com o auxílio de uma bússola. Com o auxílio de um adesivo refletor e uma prancheta para croqui foi dado início ao trabalho com medições de coordenadas.

O produto gerado através do levantamento de campo foi uma lista de coordenadas gravadas na memória interna do equipamento e um croqui. Foram medidos 188 pontos na rocha, contendo os detalhes de rachaduras e locais onde as ferramentas eram amoladas e afiadas.

Os dados da Estação total foram descarregados para um programa de CAD para a elaboração da planta detalhando a oficina lítica. A figura 101 mostra uma fotografia no momento do levantamento com o adesivo refletivo e a figura 102 a planta produzida.



Figura 101: Levantamento da oficina lítica.

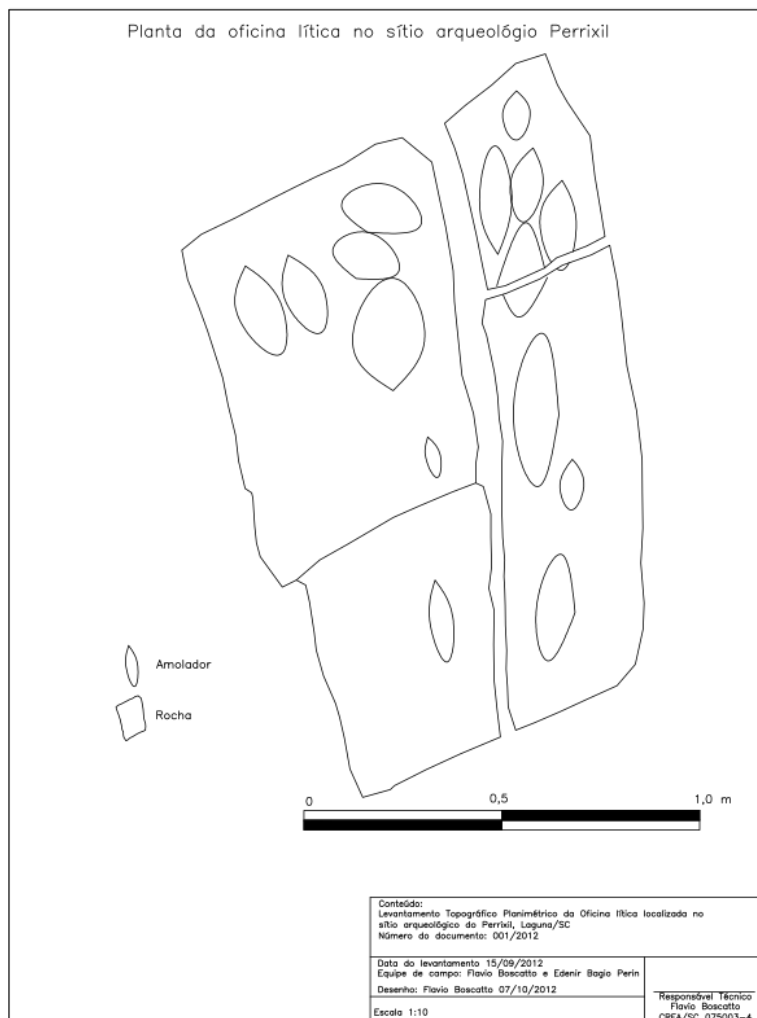


Figura 102: Planta elaborada para representação da oficina lítica

Estimou-se que pelo método tradicional levaria quatro horas de trabalho, o tempo para o levantamento com a Estação Total foi de uma hora e para o desenho mais uma hora, sendo utilizada a metade do tempo em relação ao método tradicional e com a vantagem do desenho estar em ambiente informatizado. Esse levantamento foi importante para

avaliar uma aplicação de levantamento por coordenadas e também da utilização do PTH.

4.3.2 Parecer do IPHAN e conclusão

Ao término do trabalho, a planta topográfica e o relatório técnico foram encaminhados ao IPHAN impressos e em mídia CD. A planta topográfica foi entregue em formato DWG e PDF. O relatório técnicos apresentou o método de levantamento, os resultados dos processamentos, croqui de campo, fotografia e monografias dos pontos de referência.

Solicitou-se uma análise dos documentos e um parecer da equipe técnica do IPHAN através das seguintes perguntas:

- 1) O material entregue resultante do trabalho de campo atendeu as expectativas do IPHAN? Se não, quais os itens faltaram?
- 2) Com posse da planta topográfica do Levantamento Planialtimétrico Georreferenciado, quais é a sua utilidade prática para o IPHAN?
- 3) Qual elemento faltou na representação da planta topográfica e porque?
- 4) Quais arquivos digitais que não estavam no CD e que são importantes para o IPHAN?
- 5) Algum material impresso poderia ter sido entregue em apenas formato digital?
- 6) Faltou algum material impresso?

As respostas do IPHAN foram:

1) *Sim*

2) *Possibilitará sobrepor os limites do sítio arqueológico sobre o mapeamento realizado e se pronunciar adequadamente, com o nível de precisão adequada sobre a área de interesse arqueológico e, conseqüentemente, qual a área de proteção adequada ao sítio arqueológico; a qual na deve ser utilizada para realização de outras atividades.*

3) *A planta encaminhada possui os elementos de interesse. Sua representação atenderia melhor caso se apresentasse curvas de nível equidistantes em 50cm e uma cobertura maior da área de entorno do sítio arqueológico; pois área de entorno imediato possui relevância patrimonial e auxiliar na tomada de decisões sobre o uso do solo local, considerando a presença de um bem patrimonial protegido.*

4) *A planta resultante do levantamento no formato Esri – shapefile.*

5) *Não. O IPHAN ainda tem seus processos organizados em meio físico, de forma que toda documentação digital encaminhada também precisa de cópia em meio físico.*

6) *Não*

O levantamento do Sambaqui Perrixil envolveu diversas técnicas e métodos de levantamentos que subsidiam as diretrizes para os levantamentos do PCM. Desde a implantação do ponto IPHAN0 ajustado aos pontos do SGB, passando pelo levantamento dos demais pontos de referência e levantamento de detalhes por método GNSS RTK, seguindo com a implantação da Poligonal Enquadrada e com as irradiações aos pontos de interesse, assim como o levantamento por coordenadas da oficina lítica.

Pode-se concluir desse trabalho que os métodos de levantamento devem ser integrados para atingir um ou mais objetivos para o mapeamento de um sítio arqueológico. Portanto esse levantamento se mostrou importante no desenvolver desta tese e subsidia as diretrizes apresentadas no capítulo 5.

4.4 Levantamento Planialtimétrico – Fazenda Bananeiras II em Lages/SC

A Fazenda Bananeiras II está localizada na serra catarinense no município de Lages, em uma região conhecida como Coxilha Rica. Nessa fazenda existem vestígios da ocupação humana através das feições no relevo que configuram as antigas casas subterrâneas. O estudo aqui apresentado fez parte do projeto de pesquisa conveniado entre a UDESC e o IPHAN e foi realizado em maio de 2011.

O objetivo do trabalho foi realizar um levantamento planialtimétrico para fins de reconhecimento do sítio arqueológico e documentação do mesmo. O detalhe importante a ser mensurado foi o relevo e as depressões remanescentes de casas indígenas.

Não existia vestígios de cobertura dessas casas que foram desintegrando ao longo do tempo, no entanto foi possível mensurar as depressões no terreno e representá-las através de curvas de nível.

Por se tratar de um local com difícil e demorado acesso, não houve tempo para a realização de uma visita preliminar, assim sendo a equipe se deslocou para campo com os equipamentos e acessórios para realizar o trabalho.

Em campo foi visto que as depressões no solo que se encontravam debaixo de densa e alta vegetação inviabilizando a

medição diretamente por técnica GNSS. Neste caso optou-se pela integração de técnica GNSS e poligonação para a determinação dos pontos de referência, sendo as irradiações realizadas dos pontos poligonais no momento da sua implantação.

Foi necessário georreferenciar o levantamento no Plano UTM e para as medições com técnica GNSS foram implantados dois pontos de referência com estacas de madeira (5cmX5cmX40cm) que receberam os nomes de P1 e P2. Esses pontos foram mensurados com receptores de dupla frequência (L1/L2) marca Leica Modelo GS15 pelo método estático com pós processamento dos dados.

Como ponto de base de referência do SGB foi utilizado a RBMC localizada no município de Lages, através do ponto SCLA. As duas antenas receptores de sinal GPS nas frequências L1 e L2 foram instaladas simultaneamente nas duas estacas. O rastreamento do ponto P1 foi de 2h31min e do ponto P2 de 1h35min, sendo esse tempo de rastreamento simultâneo entre os três pontos. Foram formados três vetores que foram ajustados em rede.

O pós-processamento GNSS foi realizado no programa computacional Leica GeoOffice versão 7. Foram utilizadas as coordenadas UTM no Datum SIRGAS 2000 como referencial. As altitudes geométricas obtidas pelo processamento GNSS foram calculadas para altitudes ortométricas através do Programa MAPGEO 2010.

Ao terminar as medições GNSS os receptores foram retirados dos pontos para a ocupação da Estação Total. O equipamento foi instalado no ponto P2 (figura 103) com orientação ré no ponto P1 (figura 104) e foram implantados mais dois pontos de referência através de uma Poligonal Aberta, sendo o P3 e P4.

Nas Estações e rastreios GNSS utilizou-se de tripé de alumínio e para as leituras de vante e ré um bastão de ferro com o prisma refletor apoiado a um bipé de alumínio. Foram realizadas duas séries de leituras conjugadas na posição direta e inversa para os pontos da Poligonal Aberta

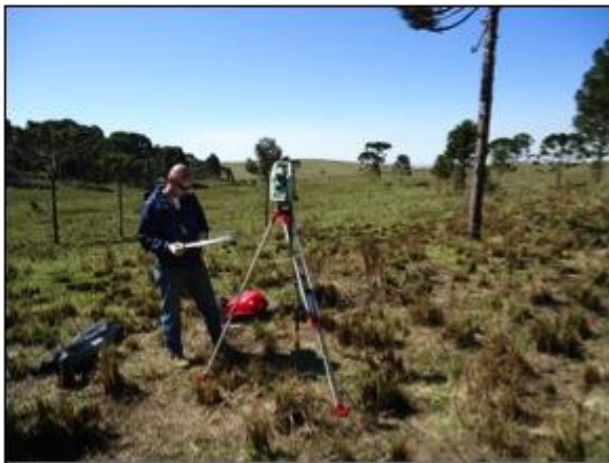


Figura 103: Estação Total instalada no ponto de partida P2.

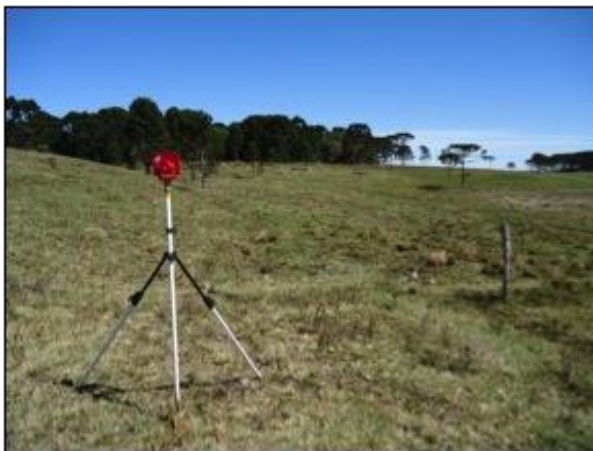


Figura 104: Prisma posicionado no ponto de ré.

Ao fundo no centro da foto embaixo da densa vegetação estão as casas indígenas

Os pontos P1 e P2 apresentaram resultados de precisão iguais após o ajustamento das observações, tanto na horizontal quanto na vertical, sendo de 11mm e 24mm respectivamente. A coordenadas UTM dos pontos de referência estão apresentadas na tabela 48.

Tabela 48: Coordenadas UTM dos pontos de referência – Faz. Bananeiras II.

Ponto	N	E	H	Tipo
P1	6868254,544	555502,637	1095,138	GNSS
P2	6868119,626	557418,613	1099,074	GNSS
P3	6868082,905	557428,421	1100,684	POLIGONAL
P4	6868041,183	557456,709	1099,534	POLIGONAL

A partir dos pontos Poligonais foram levantados os pontos do relevo, os mesmos foram mensurados em campo através da observação dos pontos de inflexão do terreno, principalmente nas bordas e fundo das depressões onde se localizavam as casas indígenas.

Em campo foi visto que a profundidade das depressões eram relativamente pequenas o que seria confirmado posteriormente na geração de curvas de nível. A figura 105 mostra uma fotografia do local onde a esquerda está localizada a depressão.

A partir da poligonal foram levantados no terreno 123 pontos planialtimétricos que ao final do processamento tiveram atribuídas as coordenadas E,N e H e foram base para a geração de curva de nível.

Os dados levantados com a Estação Total foram processados e calculados utilizando o Programa de Automação Topográfica Posição. O desenho foi realizado em Programa CAD que faz interface com o referido programa e as curvas de nível foram geradas no módulo do Posição.



Figura 105: Foto da depressão da antiga casa indígena
Prisma posicionado na borda da depressão durante o levantamento planialtimétrico.

A NBR 13133, através das classes de poligonais PA, não prevê a possibilidade de representação de curvas de nível com equidistância vertical de valores menor do que 1 metro. Entretanto ao processar os dados e gerar as curvas de nível verificou-se que curvas com 1 metro de equidistância vertical não eram suficientes para retratar a realidade encontrada em campo (figura 106).

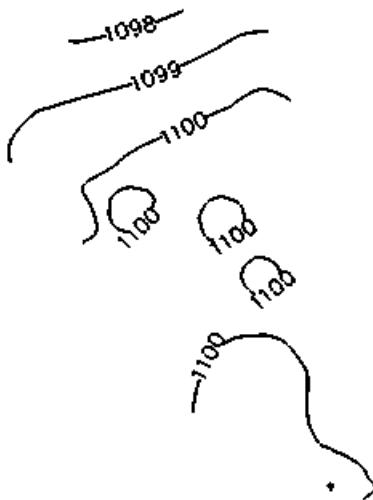


Figura 106:Curvas de nível interpoladas com 1m de equidistância vertical.

O objetivo do trabalho foi documentar o sítio arqueológico e representar em planta as feições do relevo, porém o terreno possui pouca declividade e foi necessário testar outros valores de equidistância vertical inferiores a 1m.

Xerez (1947a) faz uma relação entre a escala e a equidistância vertical das curvas de nível, para a escala de 1:500 pode-se representar as curvas a cada 0,50m, para a escala 1:1000 representa-se com curvas de nível com 1m de equidistância vertical. O mesmo autor afirma que quando o terreno for pouco acidentado as curvas de nível podem ser representadas com equidistância vertical de 0,50m ou 0,25m..

Deste modo, foram geradas curvas de nível com equidistância a cada 0,5 metro (em A) e a cada 0,25 metro (em B) na figura 107.

Xerez (1947a) cita que os mapas em Portugal passaram por adaptações por causa do terreno mais ou menos acidentado, assim tendo uma melhor representação planialtimétrica do território.

Portanto, para a melhor representação do Patrimônio Cultural Material remanescente na Fazenda Bananeiras II foram utilizados valores de equidistância das curvas de nível não previstos na NBR13133. Visualiza-se na em B (figura 107) que as curvas representam pequenas depressões remanescentes das casas indígenas e a mesma foi utilizada para a representação do relevo na elaboração da planta topográfica.

Andrews et al. (2009) diz que se a equidistância vertical das curvas de nível for a cada 0,25m, em um controle de qualidade 68% dos pontos devem ficar com valores $\pm 0,08\text{m}$, e 90% dos pontos com valor $\pm 0,13\text{m}$.

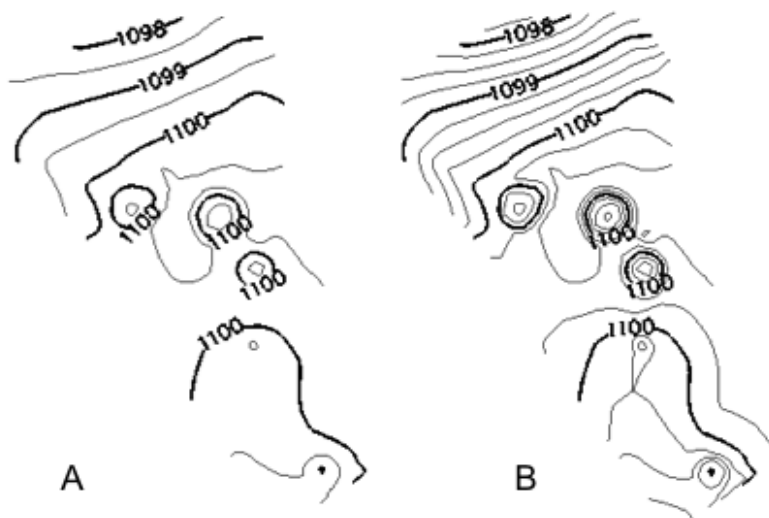


Figura 107: Curvas de nível interpoladas com 0,5 m (em A) e com 0,25m (em B) de equidistância vertical.

O trabalho teve como finalidade a representação em 2D, mas foi gerado um modelo 3D para efeito de visualização do bem patrimonial. A figura 108 apresenta uma visualização da área levantada como um exagero vertical de três vezes. Visualiza-se quatro depressões remanescentes das casas indígenas, três próximas entre si e uma mais distantes das demais.

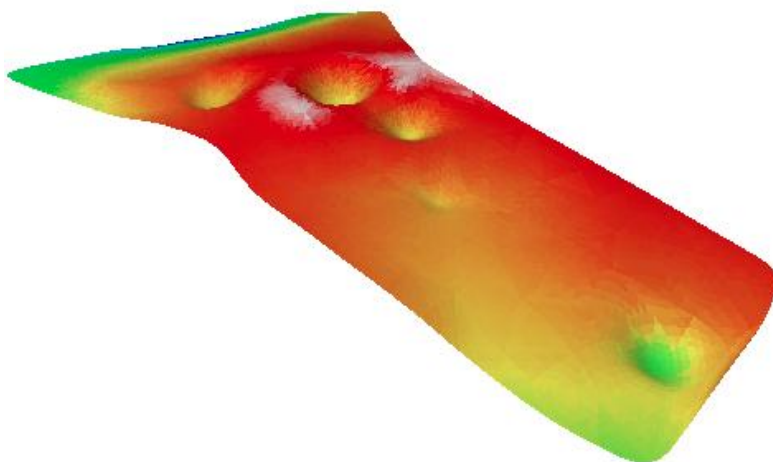


Figura 108: Modelo 3D do levantamento das casas indígenas.

Nesse caso considera-se importante a representação do relevo fora dos padrões da norma técnica brasileira de execução de levantamento topográfico para o detalhamento do Patrimônio Cultural afim de atender as necessidades de documentação do mesmo.

A aplicação desse trabalho de campo forneceu indicativo de que em ocasiões como essa a norma técnica NBR13133 não pode ser interpretada com rigor para que seja possível atender as necessidades de representação. Deve haver uma adaptação da norma ou seguir as recomendações de acordo com Adrews et al. (2009) e Xerez (1047a).

4.5 Sambaqui Ponta do Lessa – Florianópolis

No início do ano de 2013 surgiu a oportunidade de realizar um levantamento de um sítio arqueológico em Florianópolis. Pesquisadores da área da arqueologia tinham a necessidade de delimitar o sítio localizado na Ponta do Lessa, na Baía Norte da Ilha de Santa Catarina.

Neste caso o trabalho de campo foi desenvolvido em paralelo ao trabalho de arqueologia e as técnicas de mensuração deram suporte à delimitação do sítio atribuindo coordenadas aos vértices desse limite.

As atividades de campo foram desenvolvidas em dois dias, no primeiro dia foram implantados dois pontos de referência, um marco de concreto enterrado no solo com nome de M1 e uma placa de metal com nome M2 colada em uma rocha com cola epóxi.

Para a determinação das coordenadas dos pontos de referência foi utilizado um par de receptores de dupla frequência da marca Topcon, modelo Hiper Lite Plus. Os pontos M1 e M2 foram ocupados para a aplicação do método estático e os dados brutos foram gravados por 2h12min e 2h21min respectivamente, foi realizado o pós processamento com as bases da RBMC do SGB, sendo os pontos IMBT (Imbituba/SC) e SCLA (Lages/SC). Foram formados cinco vetores para o ajustamento em rede, conforme figura 109.

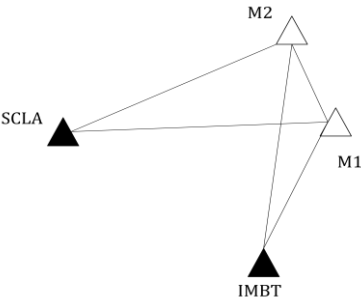


Figura 109: Rede formada para o levantamento na Ponta do Lessa.

O processamento dos dados foi realizado no programa Topcon Tools versão 8.2.3 e as coordenadas UTM e geodésicas no *datum* SIRGAS 2000, assim como as altitudes geométricas estão apresentadas na tabela 49. É possível visualizar na tabela 50 as precisões dos pontos após o ajustamento. Todas as soluções dos vetores foram fixa.

Tabela 49:Coordenadas UTM, geodésicas e altitude geométrica dos pontos da rede ajustada.

Ponto	Latitude	Longitude	N	E	h
M1	27°34'22.120261"S	48°31'37.750427"W	6947678,5094	744132,2685	7,007
M2	27°34'20.130096"S	48°31'37.742270"W	6947739,7730	744133,7170	3,992
IMBT	28°14'05.442771"S	48°39'20.609299"W	6874555,0963	730029,1142	31,41
SCLA	27°47'34.229751"S	50°18'15.355435"W	6925551,2477	568537,7136	940,72

Tabela 50: Precisões dos pontos ajustados em rede.

Ponto	RMS N	RMS E	RMS Hz	RMS h
M1	0,0073	0,0094	0,0119	0,0204
M2	0,0072	0,0094	0,0118	0,0200
IMBT	0,0010	0,0010	0,0014	0,0040

De acordo com a tabela 50 o ponto M1 apresenta precisão horizontal de 11,9mm e vertical de 20,4mm e o ponto M2 11,8mm na horizontal e 20mm na vertical.

Ao término dos rastreios pelo método estático foi realizado o levantamento de pontos no relevo para geração de curvas de nível, essa tarefa foi desenvolvida em duas etapas, a primeira com o uso de Estação Total e a segunda pelo método RTK (técnica GNSS).

Quando os receptores desocuparam os pontos M1 e M2 a Estação Total foi instalada no M1 e realizada a leitura de ré no M2, o procedimento foi coletar ângulos e distâncias pois as coordenadas desses pontos seriam conhecidas no processamento, sendo assim os dados da Estação Total também foram pós processados.

Foram medidos pontos em locais onde a vegetação se apresentava densa e alta, tornando inadequada a utilização da técnica GNSS.

Em campo foi implantado um ponto auxiliar (P1) para que fosse possível o levantamento de parte do terreno onde não se tinha visada do M1, esse ponto foi ocupado para realização de irradiações aos pontos de interesse (relevo).

Ao término do levantamento com Estação Total finalizou-se o primeiro dia de trabalho. Em escritório foi realizado o processamento GNSS e posteriormente o processamento coletado com a Estação Total, para esse segundo passo foi utilizado o programa Datageosis.

Com posse das coordenadas GNSS processada (Tabela 49) foi realizado o cálculo da ondulação geoidal através do programa MAPGEO2010 para o cálculo das altitudes ortométricas. As coordenadas UTM e as altitudes ortométricas serviram de referência para o processamento de dados oriundos do levantamento com Estação Total.

O segundo dia de trabalho contou com levantamento e demarcação, o ponto M2 foi ocupado com um receptor GNSS, instalado em um tripé e foi configurada a coordenada do ponto de base para servir de referência ao levantamento pelo método RTK. Foram mensurados pontos de relevo em locais onde foi viável a aplicação desse método.

Em escritório as coordenadas foram descarregadas e as altitudes ortométricas foram calculadas para que o sistema de altimetria fosse o mesmo para todo trabalho.

Em campo a equipe de arqueologia realizava seus estudos e uma das etapas foi a delimitação do sítio. Para delimitar o sítio foi necessário traçar uma linha de referência que partiu de um perfil do sambaqui em direção determinada pelos técnicos.

Nessa linha de referência houve a necessidade de se demarcar pontos a cada 5 metros. Essa tarefa foi realizada com o auxílio da técnica RTK, coletou-se dois pontos, um inicial (no perfil) e outro indicado pelos arqueólogos e definiu-se um alinhamento. O programa TopSurv, instalado na controladora de dados do receptor GNSS apresenta funções de demarcação (locação) de ponto, alinhamentos, paralelas (offset), interseção entre outros, nesse casos foi utilizada a locação em linha.

Em poucos minutos os furos de sondagens foram demarcados e a equipe de arqueologia escavou os locais para a verificação de vestígios do sambaqui. além disso foram realizadas sondagens aleatórias para a verificação das mesmas informações.

Finalizando as sondagens foram definidos os pontos de limite do sambaqui e os mesmos foram medidos através do método RTK, tendo assim as coordenadas UTM dos vértices do sambaqui georreferenciadas no sistema da rede nacional do SGB.

Todos os dados de campo foram representados em uma planta topográfica, além dos pontos de sondagens e limite do sítio arqueológico foram geradas curvas de nível com equidistância vertical de 0,25m.

Além do desenho a planta contou com uma tabela de coordenadas dos pontos de referência, legenda, selo e informações técnicas. As coordenadas dos limites do sítio arqueológicos foram representadas em texto ao lado dos pontos, mas poderiam ser representadas por tabela. A figura 110 mostra parte da planta topográfica do sítio arqueológico da Ponta do Lessa.

Esse trabalho serviu para uma documentação inicial e demarcação do sítio, subsidiando futuros trabalhos de investigação arqueológicas. A integração entre os métodos de irradiação e RTK aumentaram a produtividade em campo, em dois dias, duas pessoas realizaram o trabalho de mensuração em campo. A área do sítio arqueológico demarcado foi de 1.450m², a área total de abrangência do levantamento foi de 4.000m².

Além disso testou-se a locação de pontos em uma situação prática auxiliando a equipe de pesquisadores arqueólogos, dessa etapa pode-se concluir que é de extrema importância o trabalho em conjunto com os técnicos da área do Patrimônio Cultural, seja, arqueólogos, historiadores, arquitetos ou profissionais que detém o conhecimento e o comportamento dos bens culturais. O trabalho de escritório foi realizado em dez dias, dois de processamento de dados e oito de produção de desenho e relatório técnico.

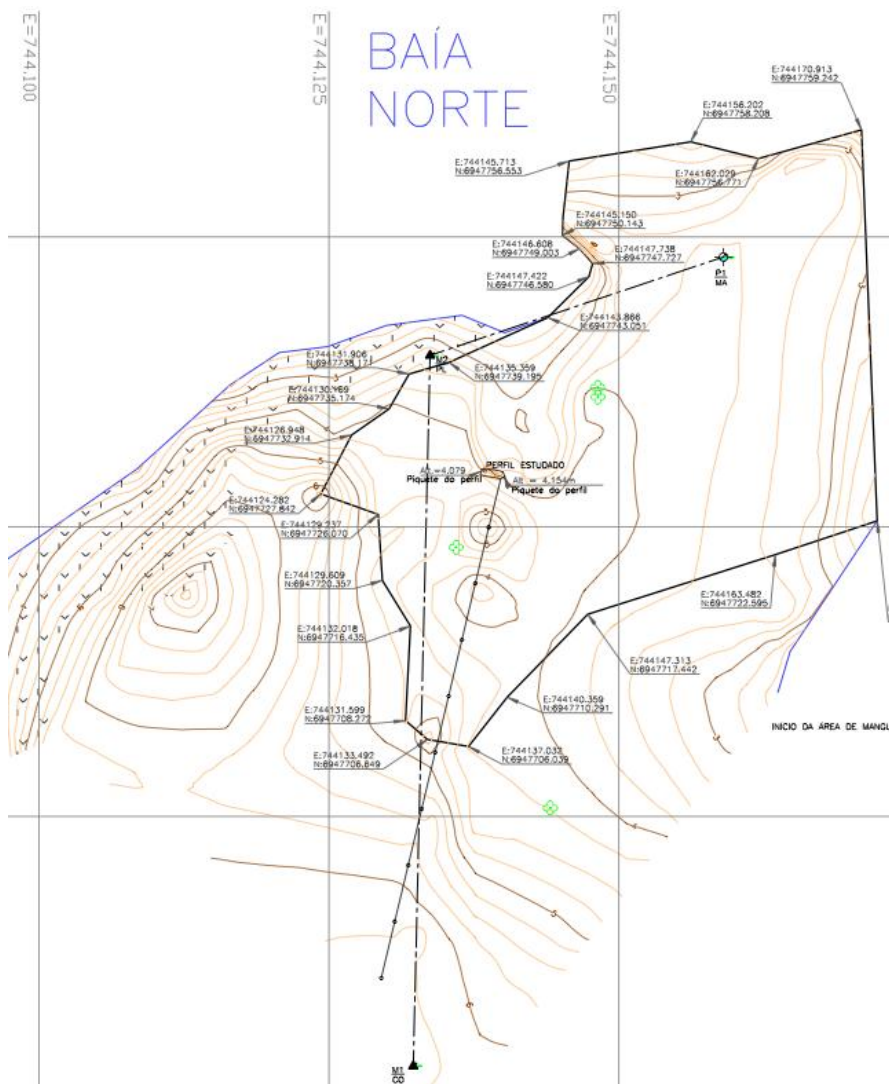


Figura 110:Parte da planta topográfica do sítio arqueológico da Ponta do Lessa

4.6 Varredura a Laser

A aplicação das técnicas de varredura a laser aplicada ao Patrimônio Cultural Material foram desenvolvidas em Joinville/SC no

Sambaqui Cubatão I e Estação Ferroviária e um trabalho foi desenvolvido em Torres/RS na Igreja São Domingos

Este capítulo tem como objetivo mostrar os produtos gerados através da varredura a laser e apresentar os parâmetros de levantamento.

O material das aplicações de varredura a laser foram cedidos pela empresa Vector Geo4D, localizada em Joinville, que executou os levantamentos e processamentos dos dados.

Na empresa foram consultados os dados técnicos. Segundo a equipe técnica uma característica comum para todos os levantamentos foi a falta de georrefenciamento do trabalho, por opção da empresas contratantes.

4.6.1 Sambaqui Cubatão I

O Sambaqui Cubatão I (figura 111) localizado no município de Joinville/SC apresenta um degradação natural de erosão causada pela variação de maré do Rio Cubatão (figura 112).

Antes que o bem patrimonial venha sofrer mais com a ação da natureza os arqueólogos da região tiveram a necessidade de documentar a situação do sítio com objetivo de monitoramentos, pois só é possível mensurar a degradação através de medições periódicas.



Figura 111: Fotografia panorâmica do Sambaqui Cubatão I - Joinville/SC
Fonte: Museu do Sambaqui publicada no jornal A noticia do dia em 19/11/2013



Figura 112: Erosão no Sambaqui Cubatão I - Joinville/SC

Fonte: Vector Geo4D

Objetivo da varredura a laser desse sambaqui foi gerar um material detalhado com possibilidades de extração das informações métricas 3D da nuvem de pontos. Não se objetivou nesse levantamento a geração de sub-produtos como modelagem, ortoimagens e documentação técnica.

O levantamento de campo foi realizado dia 19/05/2011, foi utilizado um equipamento da marca Leica, modelo Leica ScanStation. Esse equipamento permite o uso do método de poligonação e de scanner livre para as medições em campo, a distância tem como limite de 300 metros.

Foram planejados os locais de instalação do equipamento, assim como o posicionamento dos alvos. Foram necessárias três estações de trabalho para a varredura da área de interesse. O trabalho de campo durou três horas e o processamento foi realizado em dez horas através do programa Cyclone. A resolução utilizada para o levantamento foi de 10mm em 10 metros de distância.

Utilizou-se como referências pontos que os pesquisadores arqueólogos possuíam no local, pois os mesmos estavam trabalhando com prospecção através da malha quadrangular.

Depois do processamento e edição dos dados levantados foi produzido um arquivo de nuvens de pontos. A figura 113 apresenta a nuvem de pontos com as cores reais, a figura 114 com intensidade de

reflexão e a figura 115 uma fotografia, todas representado um mesmo local do Sambaqui.

As cores reais para os pontos são atribuídas pois o equipamento além de realizar a varredura, toma fotografias, atribuindo ao ponto os valores de RGB, assim ao final do trabalho tem-se um arquivo com valores X, Y, Z, R, G, B e I (intensidade).

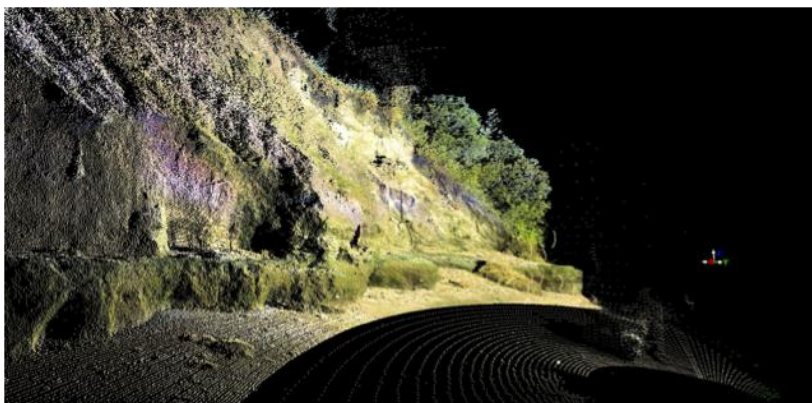


Figura 113: Nuvem de pontos nas cores reais

Fonte: Vector Geo4D

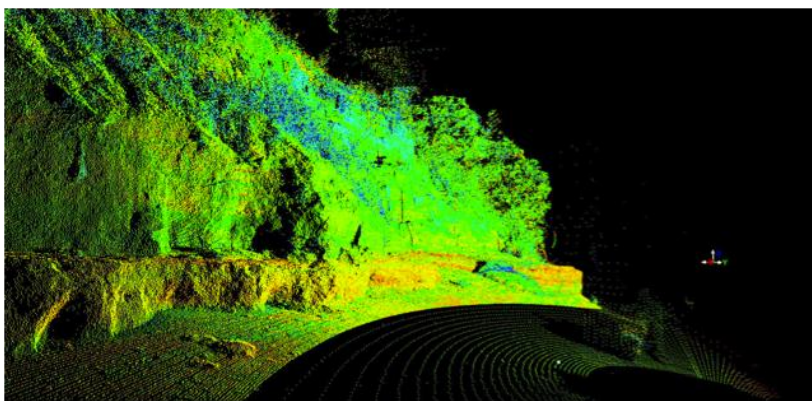


Figura 114: Nuvem de pontos com intensidade

Fonte: Vector Geo4D



Figura 115: Fotografia do Sambaqui Cubatão I
Fonte: Vector Geo4D

Na nuvem de ponto com cores reais e intensidade visualiza-se as camadas dos perfil do sambaqui. Esse tipo de informação auxilia os estudos arqueológicos.

A varredura a laser pode ser considerada a técnica que permite o maior detalhamento em um curto espaço de tempo e possui aplicabilidade em praticamente todas as feições do bem patrimonial.

O produto gerado nesse levantamento serviu de base documental para as comparações nos monitoramentos. A evolução da erosão tem sido acompanhada e foi noticiada pelo Jornal Notícias do Dia no dia 19 de novembro 2013, em que estima-se perda do sambaqui em quase um metro por ano. No entanto deve-se continuar com as medições de monitoramento para quantificar a real perda e utilizar dos dados para as intervenções necessárias.

4.6.2 Estação da Memória (ferroviária de Joinville)

O levantamento da Estação da Memória teve como objetivo a geração de produtos a partir da nuvens de pontos. O trabalho de campo foi realizado em novembro de 2010, com resolução de 10mm em 10 metros. O tempo de trabalho de levantamento foi de duas horas, contendo três estações (cenas). Utilizou-se o Leica ScanStation. Os dados foram processados no programa Cyclone com quarenta e oito horas de trabalho.

A figura 116 apresenta a nuvens de pontos com as cores reais da Estação da Memória.



Figura 116: Nuvem de pontos da Estação da Memória em Joinville/SC
Fonte: Vector Geo4D

Para esse trabalho foi necessária a modelagem da superfície da edificação (figura117) e através dessa modelagem foram extraídas informações para a elaboração da documentação técnica, que pode ser visualizada através do desenho da fachada apresentado na figura 118.



Figura 117: Modelagem 3D a partir da nuvens de pontos
Fonte: Vector Geo4D



Figura 118: Documentação Técnica em 2D - Fachada da Estação Ferroviária
Fonte: Vector Geo4D

A partir do momento em que se tem a nuvem de pontos é possível a geração e elaboração dos produtos vistos no capítulo 3.3.5.3, que podem ser processados de acordo com a necessidade.

Esse trabalho se caracterizou pelo levantamento de dados 3D gerando produtos para utilização em 2D com os desenhos de fachada e cortes. A nuvem de pontos e a modelagem apresentam detalhadamente o bem em três dimensões, sendo a utilização em 2D uma opção para a elaboração de documentação técnica.

4.6.3 Igreja São Domingos

O levantamento de varredura a laser da Igreja São Domingos localizada em Torres/RS foi realizado em dezembro de 2012 durante a restauração da edificação. O trabalho de campo durou cerca de duas horas e foram necessárias doze estações (cenas) para a varredura.

A resolução de levantamento foi de 7mm em 10 metros e utilizou-se do equipamento Faro Focus. O processamento foi realizado no programa Scene, Autocad e teve um tempo estimado de vinte e oito horas.

A varredura a laser produziu a nuvem de pontos que pode ser vista na figura 119. Percebe-se nessa figura a estrutura para o restauro.



Figura 119: Nuvem de pontos da Igreja São Domingos

Fonte: Vector Geo4D

Nesse trabalho se objetivou a geração de ortoimagens para o detalhamento em 2D, através de vetorização das feições de interesse para elaboração de documentação técnicas, nesse caso não se utilizou do dado 3D. A figura 120 apresenta uma ortoimagem de uma parede lateral da igreja, onde visualiza-se parte do telhado, os tijolos e as aberturas.

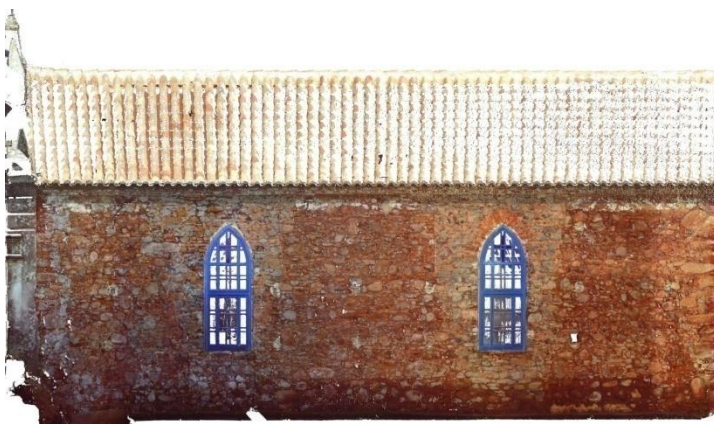


Figura 120: Ortoimagem com vista lateral da Igreja São Domingos

Fonte: Vector 4DGeo

A figura 121 mostra parte da ortoimagem e parte desenho vetorizado dos tijolos. A figura 122 apresenta um detalhe do telhado em que se tomou a informação de inclinação e a figura 123 mostra o detalhe na base da parede, em que se percebe uma camada perto do solo onde os tijolos foram assentados.

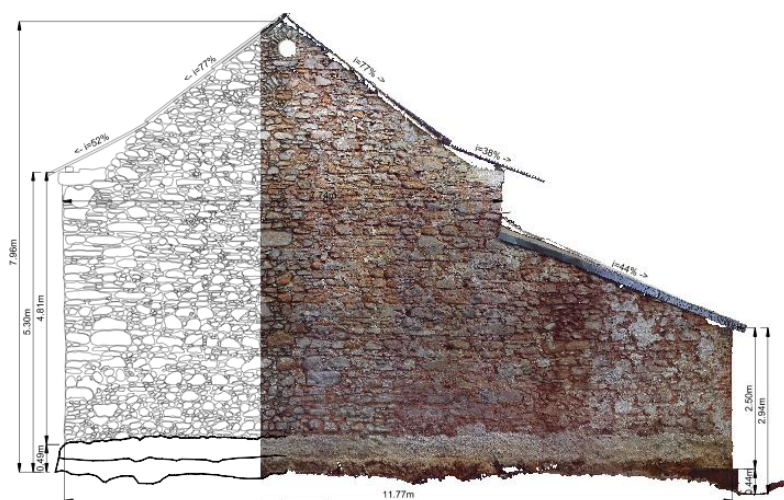


Figura 121: Vista posterior da Igreja São Domingos – ortoimagem e vetorização
Fonte: Vector 4DGeo.



Figura 122: Detalhe do telhado na vista posterior
Fonte: Vector 4DGeo

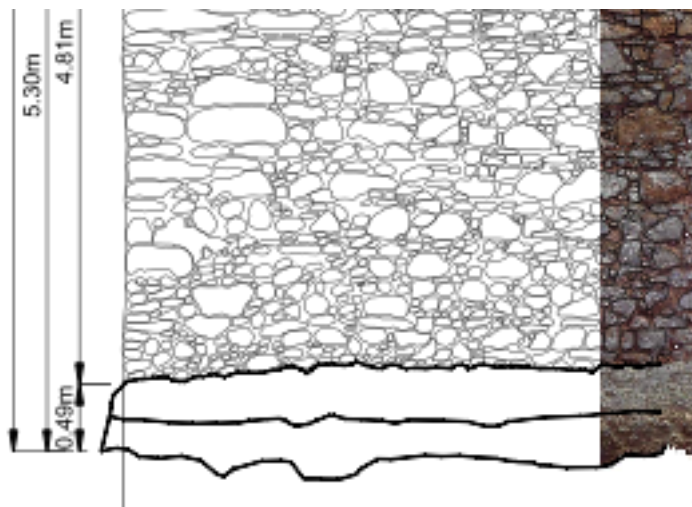


Figura 123: Detalhe da base da parede na vista posterior

Esse tipo de documentação arquitetural é de extrema importância para do Patrimônio Cultural Material. Nesse caso a documentação técnica produzida auxiliou no restauro da igreja, pois, tem-se os parâmetros de referência.

Na sequência do trabalho seria interessante realizar uma nova varredura depois de restaurada a igreja, primeiramente para documentar o bem patrimonial depois da execução de um projeto e além disso comparar os valores executados com os projetados realizando ao *As built* da obra.

Dessa forma pode-se comparar com as tolerâncias normatizadas e se os procedimentos foram realizados dentro dos padrões exigidos. Com esse trabalho conclui-se que a técnica de varredura a laser auxilia no levantamento de detalhes para apoio ao restauro, sendo produtiva e atendendo a necessidade do Patrimônio Cultural.

CAPÍTULO 5 - DIRETRIZES PARA O LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO E GEODÉSICO DO PCM

5.1 Conceitos

5.1.1 Levantamento Topográfico e Geodésico

O termo topografia significa a representação gráfica de um lugar. Para a representação topográfica do território são utilizadas as técnicas de mensuração através dos levantamentos topográficos e geodésicos, ambos tem o objetivo de representar o terreno em uma planta ou mapa.

O levantamento topográfico se utiliza de técnicas de medições angulares, lineares e de posicionamento para determinar a posição do ponto na superfície da Terra ou abaixo da mesma, desconsiderando parâmetros de curvatura terrestre e referência geodésica, tendo uma referência arbitrária. O plano utilizado é o Plano Topográfico Horizontal ou o Plano Topográfico Local.

O levantamento geodésico se utiliza de técnicas de medições angulares, lineares e de posicionamento para determinar a posição do ponto na superfície da Terra ou abaixo da mesma, considerando os parâmetros de curvatura da Terra e referência geodésica (*Datum*), objetivando a representação em planta com a utilização de projeção cartográfica, no Brasil se utiliza a Projeção UTM. Esse tipo de levantamento também pode ser utilizado para determinação das coordenadas de pontos sem a representação gráfica, nesse caso esses pontos são referências para os demais levantamentos.

5.1.2 Levantamento Cadastral

É o levantamento que utiliza de técnicas da topografia e geodésia para mensuração das parcelas e dos imóveis.

5.1.3 Levantamento Planimétrico

Levantamento que tem como objetivo representar o território em planta, através do posicionamento das feições (detalhes ou limites de propriedades), sem considerar a altimetria dos pontos e desnível dos mesmos em relação à uma superfície de referência.

5.1.4 Levantamento Planialtimétrico

Levantamento que tem como objetivo a medição de pontos no plano (levantamento planimétrico) acrescido da altimetria (cota ou altitude), com a finalidade de modelagem e representação do relevo.

A representação e utilização dos dados oriundos desse tipo de levantamento podem ser em 2D, através de curvas de nível e pontos cotados ou em 3D para trabalhos em ambiente informatizado e computacional.

5.1.5 Levantamento Altimétrico

Levantamento que tem como objetivo determinar a altimetria (cota ou altitude) dos pontos de interesse e os desníveis a partir de uma superfície de referência. Nesse tipo de levantamento não são mensuradas as coordenadas planimétricas.

5.1.6 Levantamento de Detalhes

O levantamento de detalhes tem como objetivo mensurar as feições do território, como: postes, muros, arruamento, cercas, valas, vegetação, árvores isoladas, edificações, benfeitorias, boca de lobo, drenagem natural ou artificial e todos os elementos que são encontrados no local da mensuração.

5.1.7 Levantamento Expedito

Levantamento exploratório do terreno com a finalidade específica de seu reconhecimento, sem prevalecerem os critérios de exatidão (NBR 13133 item 3.13).

5.1.8 Levantamentos Específicos

Levantamento topográfico e geodésico, planimétrico, planialtimétrico ou de detalhes em pontos específicos do PCM. Esse tipo de levantamento tem como objetivo detalhar parte do Patrimônio com maior precisão ou resolução em relação ao levantamento de todo bem patrimonial.

5.1.9 Plano Topográfico Horizontal - PTH

Plano perpendicular (normal) à vertical no ponto de origem do levantamento (primeira estação de trabalho). Levantamento no PTH não

consideram os parâmetros de curvatura da Terra e de projeção cartográfica.

5.1.10 Plano Topográfico Local - PTL

Plano perpendicular à vertical no ponto de origem do levantamento, que tem a sua coordenada georreferenciada, assim como a coordenada de orientação (ré). Levantamento no PTL não consideram os parâmetros de curvatura da Terra e de projeção cartográfica.

5.1.11 Plano UTM

Plano formado pela projeção cartográfica UTM (cilindro transversal) para a elaboração de plantas e mapas. As coordenadas do Plano UTM possuem relação com as coordenadas geodésicas (latitude e longitude) e fornecem o posicionamento georreferenciado do ponto.

5.2 Finalidade dos Levantamentos

Os levantamentos topográficos e geodésicos do Patrimônio Cultural Material podem ter cinco finalidades: 1) Agrimensura e cadastro; 2) Modelagem e do relevo – levantamento planialtimétrico; 3) Levantamento de detalhes – planimétrico; planialtimétrico e detalhamento (3D); 4) Levantamentos expeditos e 5) Levantamentos específicos.

5.2.1 Agrimensura e cadastro

Os levantamentos do PCM para fins de agrimensura e cadastro tem como objetivo a mensuração do bem patrimonial, com qualidade adequada, para obtenção dos dados geométricos através dos métodos de levantamentos vistos no capítulo 3, buscando analisar as questões legais dos imóveis de interesse cultural.

É necessária a verificação se o bem tombado possui averbação na matrícula de Registros de Imóveis e se as informações métricas estão de acordo os limites reais, ou se as demarcações legais estão materializadas no terreno.

Portanto deve-se realizar uma análise documental das propriedades a serem tombadas. Nos casos em que os bens tombados ou cancelados forem propriedades particulares, os documentos relativos à essas devem estar atualizados na questão métrica.

Nos processos de chancelas de paisagem, os limites das áreas de paisagem cultural devem ter as coordenadas do perímetro levantadas em campo, assim como a determinação da área a ser cancelada.

5.2.2 Modelagem do Relevo - Levantamento Planialtimétrico

O levantamento planialtimétrico objetiva a modelagem do relevo, que serve de base para a geração e elaboração de subprodutos como as curvas de nível, declividade do terreno, entre outros.

A representação e utilização dos dados medidos em campo podem ser em 2D ou 3D. Em 2D se representa o relevo através de curvas de nível e pontos cotados em uma planta ou desenho em ambiente informatizado. Em 3D, se utiliza de ambiente informatizado para estudar a modelagem do relevo que compões o bem patrimonial com visualização nas três dimensões.

A figura 124 exemplifica o levantamento planialtimétrico representando as curvas de nível (ambiente 2D). Nessa figura estão representados os pontos de referência que deram apoio ao levantamento e o arruamento. A figura 125 mostra uma modelagem em ambiente 3D do terreno realizada a partir dos pontos coletados em campo.

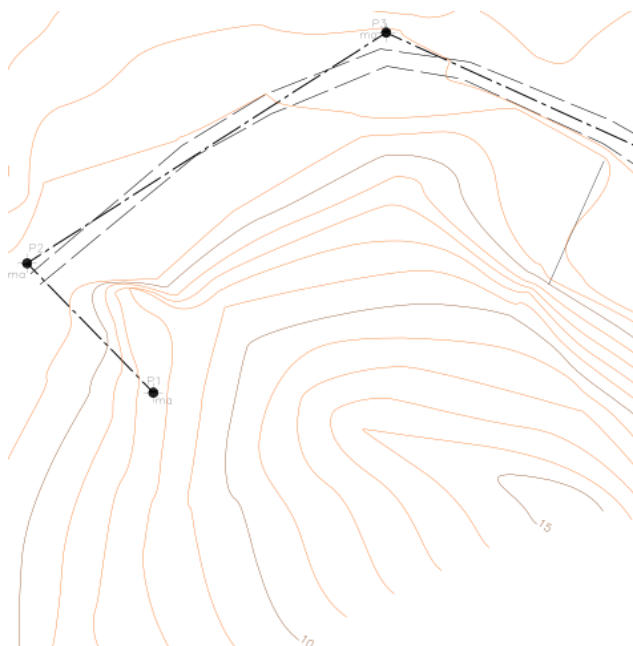


Figura 124: Levantamento planialtimétrico com representação em 2D.

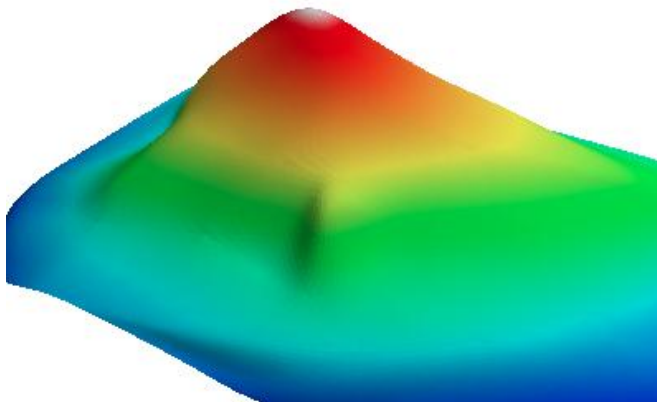


Figura 125: Levantamento Planialtimétrico com representação 3D.

5.2.3 Levantamento de Detalhes

5.2.3.1 Levantamento de Detalhe Planimétrico

O levantamento planimétrico de detalhes tem como característica o trabalho em 2D, pois não se leva em consideração a altimetria dos pontos medidos em campo. Nesse caso as feições que compõem o território onde está localizado o bem patrimonial a ser estudado são representadas em uma planta ou em ambiente informatizado.

Os produtos gerados por esse tipo de levantamento pode ser plantas (com vista superior) ou desenhos de corte ou fachada de edificações históricas.

A figura 126 um extrato de uma planta topográfica do levantamento planimétrico de detalhes no Sambaqui Perrixil. Nessa planta estão representadas as edificações, os pontos de referência, postes e arruamento.

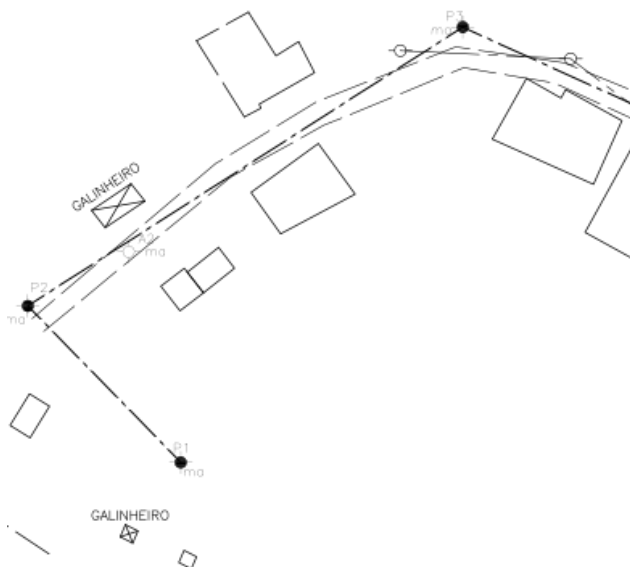


Figura 126: Levantamento planimétrico de detalhes.

5.2.3.2 Levantamento de Detalhe Planialtimétrico

Quando os detalhes do terreno forem representados juntamente com a modelagem do relevo, deve se utilizar o termo “levantamento planialtimétrico de detalhe” que podem ser utilizados em ambiente 2D ou 3D. Esse tipo de levantamento é a união do Levantamento de Detalhe Planimétrico de detalhes com o Levantamento Planialtimétrico (relevo).

A figura 127 apresenta um extrato de uma planta topográfica de um levantamento planialtimétrico de detalhe, o lugar apresentado na referida figura é o mesmo apresentado na figura 126, mas com as curvas de nível representando o relevo.



Figura 127: Levantamento Planialtimétrico de detalhes

5.2.3.3 Levantamento de Detalhamento 3D

O terceiro e último levantamento de detalhes é o 3D, neste caso não considera-se a modelagem do relevo e sim o bem patrimonial é mensurado nas três dimensões.

O conceito de levantamento 3D deve ser utilizado quando realizado com método permite trabalhar com os dados em plataformas computacionais que possibilite a tomada das informações métricas nas três dimensões (X,Y e Z). A figura 128 mostra uma edificação em ambiente 3D.



Figura 128: Representação de um levantamento 3D.

5.2.4 Levantamento Expedito

Considera-se levantamento expedito aquele que tem como objetivo um reconhecimento geral do bem patrimonial, sem a necessidade de técnicas e métodos precisos, dessa forma aumentando a produtividade e diminuindo os custos. Sugere-se que esse tipo de levantamento seja substituído por levantamentos precisos para a documentação técnica do PCM, mas pode ser uma opção quando se tem a necessidade de um reconhecimento inicial do bem a ser mensurado, inclusive pode ser utilizado para determinar a área a ser mensurada com maior rigor. Todos os métodos apresentados no capítulo 3 atendem a necessidade para esse tipo de levantamento.

5.2.5 Levantamentos Específicos

Os levantamentos específicos são utilizados em pequenas áreas ou em locais pontuais e tem como objetivo detalhar partes do bem em uma resolução maior do que a do levantamento georreferenciado do todo. Um exemplo foi o levantamento do Sambaqui Perrixil (Capítulo 4.3), em que foi realizada a mensuração de uma oficina lítica.

Na planta topográfica do levantamento planialtimétrico de detalhes do sítio arqueológico, as oficinas líticas são representadas como pontos. Depois de realizado o levantamento específico da oficina lítica, a mesma passou a ter uma documentação técnica mais detalhada. A figura 129 mostra um extrato da planta topográfica e a indicação da oficina lítica levantada.

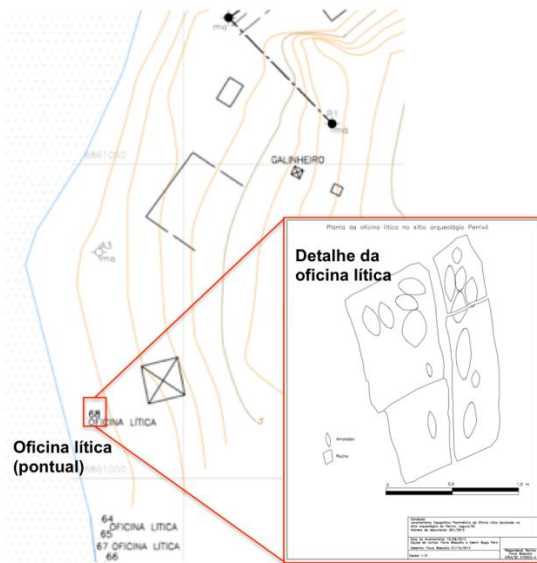


Figura 129: Extrato da planta topográfica e a planta da oficina lítica.

São exemplos de levantamentos específicos: levantamento de oficinas líticas (rochas); de perfis estratigráficos localizados em sambaquis; de detalhes de escavações arqueológicas; de fachadas ou parte de edificações; de ambientes interiores de edificações; para monitoramento de estruturas de edificações; para *As built* – Como construído de edificações restauradas; e locação/demarcção de pontos como apoio aos trabalhos arqueológicos.

Nesse tipo de levantamento cada necessidade apontará a demanda para os métodos utilizados, no entanto deve ser determinado o grau de detalhamento para que seja possível selecionar a técnica mais conveniente.

Para os casos de *As Built* sugere-se controlar a execução de obra de restauro e conferi-la de acordo com a NBR14165-1, até que se determine tolerâncias específicas para o Patrimônio Cultural. Entretanto as instituições podem sugerir tolerâncias de acordo com a necessidade.

Para os casos de monitoramento das estruturas o engenheiro responsável deverá determinar a tolerância entre as medições, esse tipo de trabalho via de regra é realizado através de nivelamento geométrico, mas que pode ser utilizado método convencionais ou GNSS se as tolerâncias forem maiores.

O quadro 11 apresenta as informações resumidas relacionando o tipo de levantamentos conceitos e a finalidade.

Quadro 11: Conceitos a serem utilizados nos levantamentos do PCM

Tipo de levantamento	Descrição	Finalidade
Levantamento Cadastral	Levantamento parcelar ou de imóvel para fins de tombamento ou chancela de paisagem.	Agrimensura e cadastro
Levantamento planialtimétrico (2D ou 3D)	Levantamento para reconhecimento do relevo do terreno, sem considerar os detalhes e feições.	Planialtimétrico - Modelagem do relevo ou expedito.
Levantamento planimétrico de detalhes	Levantamento das feições encontradas em campo, como: árvores, edificações, postes, muros, cercas e demais detalhes de interesse ao PCM, sem considerar a altimetria.	Detalhamento 2D ou expedito.
Levantamento planialtimétrico de detalhes	Mesmo do que o levantamento planimétrico de detalhes, acrescido da modelagem do relevo.	Detalhamento 2D ou 3D e expedito.
Levantamentos expeditos	Levantamento sem a necessidade de precisão e para reconhecimento geral.	Detalhes 2D ou 3D expedito.
Levantamentos específicos	Levantamentos de pequenas áreas ou locais pontuais. Levantamento de <i>As built</i> .	Detalhamento 2D e/ou 3D

5.3 Precisão e resolução

Este trabalho não teve como objetivo determinar as precisões posicionais para os pontos a serem mensurados, bem como a resolução dos levantamentos, entretanto pode-se utilizar como parâmetro as referências bibliográficas e normativas utilizadas nesta tese, até o momento que novas pesquisas definam valores definitivos.

A precisão pode ser sugerida de acordo com a necessidade do trabalho e assim o profissional buscará as técnicas e métodos convenientes para o atendimento da mesma.

Além da precisão o conceito de resolução deve ser adotado, trata-se de qual o tamanho do menor objeto a ser mensurado. Os dois parâmetros, precisão e resolução não estão obrigatoriamente amarrados, mas para alguns equipamentos possuem relação direta, como os de varredura a laser.

Pode existir um equipamento que tenha baixa precisão, mas que tenha capacidade de mensurar com alta resolução e pode-se ter alta precisão com baixa resolução (casos do GNSS). Entretanto o fato de se trabalhar com alta resolução e baixa precisão se torna incoerente, pois a

alta densidade de pontos imprecisos causará ruídos no detalhamento do bem patrimonial.

O caso inverso é comum, os equipamentos GNSS e Estações Totais possuem boas precisões mas coletam dados com baixa resolução nesse caso o importante é a precisão posicional do ponto.

Portanto deve-se verificar as precisões nominais do equipamento e quando há a necessidade de medir um objeto pequeno e detalhado deve-se utilizar métodos que atendam essa finalidade, neste caso com alta precisão e alta resolução.

As Estações Totais possuem precisões nominais angulares e lineares, os receptores GNSS possuem precisão nominal posicional, os equipamentos de varredura a laser possuem precisão nominal posicional, de distância, de velocidade de varredura (número de pontos por segundo) e a resolução, que é a distância entre os pontos medidos, esse fator tem interferência da distância do equipamento ao objeto.

Um dos principais parâmetros a ser definidos é a precisão posicional e para as diretrizes propostas deve-se adotar alguns valores como referência. Para a finalidade de agrimensura e cadastro em área rural deve-se seguir a norma técnica de georreferenciamento de imóveis rurais (INCRA) com seus respectivos manuais técnicos (posicionamento e confrontações).

Em área urbana deve-se acompanhar o andamento de novas informações publicadas em relação à Portaria 511 de 2009 (Diretrizes do Cadastro Territorial Multifinalitário), com objetivo de verificar os trabalhos desenvolvidos para a determinação da precisão a ser utilizada para a mensuração da parcela.

Em um primeiro momento, para áreas urbanas pode-se adotar dois parâmetros de precisão, primeiramente o valor publicado por LUZ (2014) que diz que o vértice de um imóvel pode ter precisão de $\pm 80\text{mm}$.

Para os levantamentos planialtimétricos, levantamentos de detalhes por métodos convencionais, GNSS, fotogrametria terrestre e varredura a laser, pode-se, adotar como parâmetro os valores publicados por Bryan et al. (2009) (ver tabelas 1,2,3 e 4 no capítulo 1.8).

Para os levantamentos expeditos as precisões podem ser decimétricas ou métricas dependendo da necessidade deste tipo de trabalho, esse valor deve ser definido pela instituição contratante.

Sugere-se que as instituições gerenciadoras do PCM, através de trabalhos técnicos e científicos definam as precisões ou resoluções (menor objeto a ser mensurado) para os bens patrimoniais de acordo com as suas necessidades.

5.4 Sistema de Referência e Sistema de Coordenadas

O bem patrimonial deve ser georreferenciado no Plano UTM para as coordenadas planimétricas referenciadas ao *Datum* SIRGAS 2000. O referencial altimétrico deve ser o *Datum* de Imbituba.

Quando utilizada a técnica GNSS os pontos processados deverão ter suas altitudes geométricas calculadas para as altitudes ortométricas que são em relação o nível médio dos mares. Deverá ser utilizado o programa de modelagem geoidal oficial brasileiro, atualmente tem-se o MAPGEO2010, todavia deve-se utilizar os programas oficiais do IBGE ou recomendado pelo mesmo. Podem ser utilizadas outras técnicas de transporte de RNs como os nivelamentos trigonométricos e geométricos, contudo deve-se usar a rede altimétrica oficial do IBGE.

Trabalhos realizados em referenciais antigos, como o SAD69 ou Córrego Alegre devem se convertidos conforme a necessidade e deve-se utilizar os parâmetros de transformação publicados pelo IBGE, atualmente tem-se o programa computacional ProGrid que realiza as transformações entre referenciais e sistemas de coordenadas.

Quando existir a Rede de Referência Cadastral Municipal com os parâmetros descritos nos parágrafos acima, a mesma deve ser utilizada.

A utilização do Plano Topográfico Horizontal dar-se-á nos levantamentos específicos e levantamentos expeditos. O quadro 12 mostra a finalidade do levantamento e o plano de referência a ser adotado.

Quadro 12: Finalidade do levantamento e sistema de referência

Finalidade/Levantamento	Plano UTM	PTH
Fins de Agrimensura e cadastro	Deve ser utilizado	Não deve ser utilizado
Planialtimétricos 2D e 3D		
Detalhes planimétricos e planialtimétricos 2D e 3D por métodos convencionais e GNSS		
Levantamentos específicos	Opcional	
Levantamento expeditos		
Levantamentos fotogrametria terrestre (detalhes)	Deve ser utilizado	Somente nos casos de levantamentos específicos
Levantamento por varredura a laser terrestre (detalhes)		
Levantamentos específicos	Opcional	Opcional
Monitoramento de estruturas	Opcional se atender as necessidades	Deve ser utilizado

Não é recomendada a utilização do Plano Topográfico Local conforme NBR14166, pois os levantamentos dos bens patrimoniais ficam isolados, uma vez que a origem é georreferenciada, mas a orientação norte varia para cada PTL. Caso utilizado o PTL o mesmo deve ser aplicado para os levantamentos e finalidade em que é aplicado o PTH.

5.5 Implantação de pontos de referência

5.5.1 Técnica GNSS

Para implantação de pontos de referência de apoio ao levantamento topográfico e geodésico deve ser utilizada a técnica de medição pela fase da portadora.

Para todas as finalidades de levantamentos georreferenciados, exceto para levantamentos expeditos, os vetores devem apresentar solução fixa.

A implantação de pontos de referência deve seguir a prioridade:

- 1) Usar método estático e ajustamento em rede;
- 2) Usar método estático e ajustamento por dois ou mais pontos;
- 3) Usar método estático através de uma única base do SGB ou ponto ajustado anteriormente ao SGB;
- 4) Utilizar o método PPP ou método RTK partindo de um ponto ajustado ao SGB;
- 5) RTK NTRIP quando as precisões atenderem a necessidade do levantamento.
- 6) Método *Stop and Go*.

De acordo com a finalidade do levantamento alguns métodos devem ser evitados para implantação de pontos de referência. Para fins de agrimensura e cadastro recomenda-se não utilizar as técnicas RTK NTRIP, principalmente quando a base estiver distante, e também o método *Stop and Go*. Esses métodos podem servir para implantar pontos de apoio para levantamentos de detalhes e expeditos.

O quadro 13 apresenta o método de implantação de ponto de referência na primeira coluna e nas demais as finalidades. Foi utilizada uma numeração 1 a 4 como forma de priorizar o método GNSS com a finalidade do levantamento. O valor zero mostra que o método não é recomendado.

Quadro 13: Método GNSS e prioridade de acordo com a finalidade do levantamento

Métodos	Agrimensura e cadastro	Planialtimétricos, detalhes e específicos (quando georreferenciado)	Expeditos
Estático em rede	1	1	1,2,3 e 4
Estático por 2 ou mais ponto	2	1	
Estático por 1 base	3	2	
PPP	4	2	
RTK	3	2	
RTK NTRIP	0	3	
Stop and Go	0	3	

5.5.2 Poligonação

A poligonação deve ser utilizada para implantar pontos de referência no terreno partindo de pontos georreferenciados, exceto em levantamentos específicos e expeditos que não tenham a obrigatoriedade de georreferenciamento. Quanto a poligonação, adotar a seguinte ordem hierárquica:

- 1. Usar preferencialmente a poligonal enquadrada;
- 2. Usar a poligonal fechada caso o local de levantamento não for favorável ao uso da poligonal enquadrada;
- 3. Utilizar a poligonal aberta no caso que não for possível tecnicamente o uso das poligonais enquadradas e fechada.

Os pontos de poligonal devem ser materializados e para os casos de agrimensura e cadastro documentados no relatório técnico e com monografias de pontos.

As poligonais podem ser utilizadas em todas as finalidades para a implantação de pontos de referência.

No caso em que as feições do terreno e o tamanho da área não permitirem a implantação das Poligonais normatizadas pela NBR 13133 deve-se adaptar a implantação da mesma, considerando a distância entre os pontos e séries de leituras conjugadas.

Para as poligonais com os parâmetros adaptados recomenda-se que seja realizado um número maior de leituras conjugadas na posição direta e inversa e que os pontos poligonais estejam o mais distante possível entre si para minimizar o erro angular das medições.

Nas poligonais abertas é obrigatório realizar medições de controle conforme visto no capítulo 4.2.3.

5.5.3 Irradiação

Existe a possibilidade da implantação de pontos de referência através do método de irradiação (método polar ou por coordenadas retangulares) partindo de pontos georreferenciados.

Esse método só deve ser utilizado na implantação de pontos de referência para levantamentos planialtimétricos, de detalhes, específicos e expeditos.

5.5.4 Estação Livre - EL

No método de Estação Livre para fins de agrimensura e cadastro sugere-se a utilização de pelo menos três pontos de referência. Se o equipamento permitir, deve ser realizada uma série de leitura conjugada na posição direta e inversa. Para fins planialtimetria e de detalhamento o método pode ser aplicado com a utilização de dois pontos de referência.

Deve ser seguido o procedimento de medições de exatidão conforme o capítulo 4.2.4.6 com as medições dos pontos de referência imediatamente após a determinação da Estação Livre.

Os valores de desvio padrão do ponto EL e dos resíduos devem ser anotados para a documentação em relatório técnico.

A materialização do ponto é opcional, exceto quando o ponto for utilizado no adensamento de rede com objetivo de futura utilização, mas para apoio imediato ao levantamento é opcional a demarcação.

Para a finalidade de agrimensura e cadastro o ponto de Estação Livre deve ser documentado e quando materializado possuir uma monografia de pontos. Para detalhamento podem ser anotadas em formulário, mas não obrigatoriamente documentadas em monografia de pontos, principalmente quando o ponto não é materializado.

Em todas as finalidades de levantamentos do PCM é obrigatório o uso do fator de escala, o mesmo pode ser obtido em campo ou previamente em escritório através das equações apresentadas no capítulo 3.1.5, se a Estação Total possuir uma rotina de determinação desse parâmetro programa do equipamento pode ser utilizado.

O método de Estação Livre pode ser utilizado para implantação de pontos de referência para todas as finalidades do levantamento do PCM. O quadro 14 apresenta os procedimentos que envolvem a aplicação do método de Estação Livre e a finalidade do levantamento.

Quadro 14: Aplicação do método de Estação Livre de acordo com a finalidade

Item	Agrimensura e cadastro	Detalhes
Número de pontos de referência a serem utilizados	Prioritariamente 3 a 4, podendo usar 2 pontos em casos especiais.	De 2 a 4 pontos
Controle da exatidão	Obrigatório a realização em campo e a documentação	Deve ser verificado em campo e anotado no formulário.
Documentação dos resíduos e desvio padrão	Obrigatória	Opcional para documentação em relatório técnico podendo ser anotada em formulário
Monografia de pontos	Obrigatória quando usado para adensar rede para fins de agrimensura e cadastro	Opcional
Fator de escala	Uso obrigatório	
Materialização do ponto	Obrigatória quando usado para adensar rede para fins de agrimensura e cadastro	Opcional

5.5.5 Materialização de Pontos de Referência

Para fins de agrimensura e cadastro os pontos de referência devem ser materializados em locais seguros e estáveis e utilizar materiais perenes, por isso sugere-se as seguintes formas de materialização:

- Marco de concreto padrão INCRA;
- Marco de Concreto Padrão RN do IBGE;
- Outras formas com material de concreto;
- Outras dimensões que se assemelham com os anteriores.
- Pinos ou parafusos metálicos em áreas urbanas;
- Placas de metal;
- Marcos de pedra desde que contenham um ponto bem definido;
- Marcos sintéticos, quando forem disponíveis no mercado nacional;
- Marcos de metal;
- Estacas de madeira para os pontos com menor importância, nos levantamentos planialtimétricos e de detalhes.

Os marcos de concreto ou pedra devem conter uma chapa de identificação ou outra opção de nomear o ponto, placas metálicas podem ser utilizadas em áreas urbanas, assim como pinos e parafusos metálicos. Não se recomenda o uso de tintas em áreas urbanizadas pela pouca durabilidade.

Os pontos devem ser documentados com fotografias, coordenadas e precisões em monografias de pontos, principalmente os pontos de partida e chegada das poligonais e os implantados por técnica GNSS. Todos os pontos de referência devem ser representados na planta topográfica, assim como a tabela de coordenadas dos mesmos.

5.5.6 Codificação dos pontos

Ao longo do desenvolvimento das aplicações em campo sentiu-se a necessidade de uma nomenclatura para os pontos de referência. Não foi objeto de pesquisa a criação de uma sistemática para a nomeação e codificação dos pontos de referência, porém a bibliografia aponta para algumas soluções que podem ser adaptadas ao Patrimônio Cultural Material, nesse caso foi criada uma nomenclatura e codificação para os pontos de referência segundo Hasenack (2013) e norma técnica do INCRA.

A solução apresentada trata-se de um código alfa numérico, em que os quatro primeiros caracteres é uma sigla que identifica o bem patrimonial, os dois algarismos seguintes simbolizam o método de implantação do ponto de referência e os três últimos algarismos finais seguem uma sequência numérica crescente de acordo com a ordem de implantação dos pontos.

Exemplo: PERX 01 001

Em que PERX é a sigla para o sítio do Perrixil, 01 ponto GNSS ajustado em rede e 001 é o primeiro ponto que foi demarcado no local. A tabela 51 apresenta a proposta de numeração para o método de implantação do ponto de referência.

Tabela 51: Código utilizado para nomear o ponto de referência de acordo com o método.

Código	Método de implantação
01	GNSS Estático em rede
02	GNSS Estático por 2 ou mais ponto
03	GNSS Estático por 1 base
04	GNSS PPP
05	GNSS RTK
06	GNSS RTK NTRIP
07	GNSS <i>Stop and Go</i>
08	Poligonal enquadada
09	Poligonal Fechada
10	Poligonal Aberta
11	Irradiação ou ponto auxiliar
12	Estação Livre

As siglas com os nomes dos sítios ou bens deve ser definidas pelas instituições gerenciadoras do Patrimônio Cultural, de acordo com o nome mais usuais e conhecidos dos locais de cunho cultural.

5.6 Método de Levantamento e as Feições do PCM

Esse subcapítulo apresenta os métodos de levantamento relacionados com as feições que compõem o PCM. Esses métodos são aplicados com o apoio dos pontos de referências vistos no capítulo anterior. Nesse momento relaciona-se os conceitos apresentados no capítulo 5.1 e as finalidades apresentadas no capítulo 5.2 com os métodos apresentados no capítulo 3, por fim relacionam-se os métodos com as feições do PCM.

O quadro 15 mostra as feições do PCM, o tipo de levantamento e o método que deve ser utilizado.

Quadro 15: Feição do PCM, tipo e método de levantamento.

PCM	Tipo de levantamento	Métodos de levantamento
Imóveis históricos	Planimétrico para fins de tombamento ou chancela da paisagem (agrimensura e cadastro).	<ul style="list-style-type: none"> • Poligonação com irradiações; • Métodos convencionais complementares; • Técnicas GNSS (RTK, RTK NTRIP, RTK em rede, <i>Stop and Go</i>, estático e estático rápido.
Edificações históricas	Detalhe – Levantamento planimétrico ou detalhe 3D.	<ul style="list-style-type: none"> • Poligonação com irradiação; • Métodos convencionais complementares; • Fotogrametria terrestre; • Varredura a laser; • Técnicas GNSS como apoio e integradas aos métodos convencionais.
Sedes de fazendas históricas em área rural	Planimétrico, detalhamento 2D ou 3D e Planialtimétrico	<ul style="list-style-type: none"> • Poligonação com irradiações; • Métodos convencionais complementares; • Técnicas GNSS (RTK, RTK NTRIP, RTK em rede, <i>Stop and Go</i>, estático e estático rápido.
Sítios arqueológicos	Levantamento planialtimétrico acrescidos ou não dos detalhes, conforme necessidade	<ul style="list-style-type: none"> • Poligonação com irradiações; • Técnicas GNSS (RTK, RTK NTRIP, RTK em rede, <i>Stop and Go</i> e estático rápido.
Taipas	Detalhe - Levantamento planimétrico ou detalhe 3D Levantamento planialtimétrico e detalhe.	<ul style="list-style-type: none"> • Poligonação com irradiação; • Métodos convencionais complementares; • Fotogrametria terrestre; Varredura a laser para o detalhes 3D.
Casas subterrâneas	Levantamento planialtimétrico acrescidos ou não dos detalhes, conforme necessidade.	<ul style="list-style-type: none"> • Poligonação com irradiações; • Técnicas GNSS (RTK, RTK NTRIP, RTK em rede, <i>Stop and Go</i> e estático rápido.
Paisagem Cultural	Levantamento planialtimétrico de detalhes para o conhecimento do relevo da paisagem. Levantamento de agrimensura e cadastro para o posicionamento dos imóveis e da área a ser chancelada e detalhamento 3D de feições de interesse	<ul style="list-style-type: none"> • Poligonação com irradiações • Técnicas GNSS (RTK, RTK NTRIP, RTK em rede, <i>Stop and Go</i>, estático e estático rápido; • Varredura a laser para detalhamento 3D de feições que podem estar contida na paisagem.

Na continuação deste capítulo os métodos de levantamento estão relacionados com cada tipo de levantamento, também estão apresentados em forma de quadro para auxiliar na visualização das informações.

5.6.1 Levantamento Planialtimétrico 2D e 3D

Os levantamentos planialtimétricos devem ser apoiados aos pontos de referência implantados por técnica GNSS ou métodos convencionais. A partir desses pontos pode-se utilizar os métodos apresentados no quadro 16 para o levantamento de pontos com a finalidade de modelagem do relevo.

Quadro 16: Métodos de levantamento planialtimétricos

GNSS	Estático rápido (uso na coleta de poucos pontos)
	<i>Stop and Go</i>
	RTK
	RTK em rede
	RTK NTRIP
Métodos convencionais	Método Polar (irradiação)
	Método por coordenadas retangulares (irradiação)
	Eventualmente métodos complementares para auxílio aos demais métodos (esses métodos não são produtivos para essa finalidade)
Varredura a laser	Nos casos de solo nú

As normas técnicas brasileiras não prevêm a representação de curvas de nível com equidistância vertical abaixo de um metro. Entretanto, se faz necessário o uso de valores menores de equidistância vertical para que o Patrimônio seja representado com detalhe necessário a seu estudo.

O levantamento planialtimétrico das casas subterrâneas em Lages (capítulo 4.4) mostrou que a representação da feição ficou visível quando o desenho foi elaborado com curvas de equidistância de 0,25m. Além disso, o parecer do IPHAN em relação ao material entregue do levantamento do Sambaqui Perrixil (capítulo 4.3) apontou para a necessidade de curvas pelo menos com equidistância vertical de 0,50m.

Portanto os levantamentos planialtimétricos com representação em 2D podem se utilizar de valores abaixo de 1m de equidistância vertical para melhor representar o relevo.

Quando necessário sugere-se a utilização de 0,50m de equidistância vertical e em locais em que a declividade é menor poderá ser utilizadas as equidistâncias verticais abaixo de 0,50m. Xerez (1947a) sugere a representação de curvas de nível com equidistância vertical de 0,50m para plantas na escala 1:500 e sugere que em terrenos com pouca inclinação esse valor pode ser de 0,25m. Adreus et al. (2009) apresenta o valor de até 0,25m na representação planialtimétrica.

Os levantamentos planialtimétricos com representação e utilização dos dados em 3D deve gerar dados que sejam possíveis de se utilizarem em programas computacionais. Os programas CAD possibilitam a visualização e manipulação dos dados em 3D, programas de geoprocessamento trabalham com modelos de terreno em formato de imagem. O formato do arquivo do relevo modelado deve ser determinado pela instituição contratante de acordo com o programas computacionais utilizados.

5.7 Levantamento de Detalhes

O quadro 17 apresenta os métodos relacionados aos tipo de levantamento de detalhes.

Quadro 17: Métodos de levantamento aplicados ao levantamento de detalhes

Métodos	Detalhe Planimétrico (2D)	Detalhe Planialtimétrico (2D e 3D) - relevo	Detalhamento 3D
GNSS	Estático rápido (poucos pontos)		Não recomendado pela baixa produtividade e baixa resolução.
	Stop and Go		
	RTK		
	RTK em rede		
	RTK NTRIP		
Métodos convencionais	Método Polar (irradiação)		
	Método por coordenadas retangulares		
	Eventualmente métodos complementares para auxílio aos demais métodos		
Fotogrametria terrestre	Produção de cortes, vistas e fachadas em 2D (uso de fotografias retificadas e ortofotos)	Não se aplica	Através do estereopar
Varredura a laser	Ortoimagens com vetorização em 2D	Somente nos casos de solo nú	Nuvem de pontos e modelagem 3D

5.7.1 Detalhes Planimétrico - 2D

Nos levantamentos planimétricos todos os métodos de levantamentos convencionais apresentados no capítulo 3 são aplicáveis. A partir dos pontos de apoio implantados por Poligonais pode-se utilizar de irradiações e quando necessário deve-se utilizar dos métodos complementares.

As técnicas GNSS tem como os métodos mais produtivos o RTK, RTK em rede, RTK NTRIP e *Stop and Go*. O uso do método estático rápido pode ser utilizado para uma quantidade menor de pontos, pela baixa produtividade.

5.7.2 Detalhes Planialtimétrico - 2D e 3D

Todos os métodos citados no item 5.6.1 podem ser aplicados para esse tipo de levantamento, somados aos métodos do quadro 16 para os levantamentos planimétricos.

5.7.3 Sensoriamento remoto

5.7.3.1 Fotogrametria Terrestre -2D

A fotogrametria é recomendada para a produção de documentação técnica em 2D possibilitando a vetorização das feições de detalhes levantadas pelas fotos.

As fotografias retificadas geram material em 2D, essa técnica deve ser realizada em locais em que a edificação ou o bem patrimonial seja o mais plano possível para evitar a perda de informação métrica por causa da perspectiva.

As ortofotos também geram material em 2D, no entanto o processamento da fotografia passa por um procedimento para tornar a foto ortogonal, sendo assim pode apresentar maior qualidade métrica em relação à fotografia retificada.

5.7.3.2 Varredura a laser – 2D

Deve-se utilizar da varredura a laser para a produção de documentação técnica em 2D. Através da nuvem de pontos pode-se extrair informações em 2D e também gerar ortoimagem, essas são importadas para os programas CAD e vetorizadas para a confecção da documentação técnica.

5.7.4 Sensoriamento remoto e o levantamentos de detalhes 3D

Para a modelagem 3D do bem patrimonial através do sensoriamento remoto a técnica de varredura a laser se torna mais indicada, tanto pela produtividade, quanto pelo nível do detalhe que se obtém. A utilização de estereopar fotogramétrico pode se tornar interessante em alguns casos. Deve-se analisar o custo do trabalho e o nível de detalhe necessário para a documentação do PCM. As duas referidas técnicas são recomendadas para medições em 3D.

Por questão de custo e produtividade as técnicas GNSS e métodos convencionais devem ser evitadas para o levantamento de detalhes em 3D, mesmo havendo a possibilidade de mensurar pontos em três dimensões com uma Estação Total, o detalhamento é pequeno e o tempo de trabalho pode se tornar longo, assim o custo se eleva tornando viável as técnicas descritas anteriormente.

5.8 Documentação Técnica

O trabalho de levantamento topográfico e geodésico tem como principal objetivo representar em desenho ou planta as feições do Patrimônio Cultural Material, no entanto alguns documentos técnicos devem acompanhar os documentos gráficos.

Sendo assim deve ser entregue um relatório técnico conforme NBR13133 (item 5.25). Em anexo ao relatório devem constar os seguintes documentos:

- Croqui elaborado em campo;
- Relatório de pontos com as coordenadas geodésicas, UTM e valores de precisão para as técnicas GNSS (conforme capítulo 4.1.1);
- Tabela de ocupações dos pontos GNSS, com modelo da antena e altura da mesma, além do horário de início e duração do rastreamento (conforme capítulo 4.1.1);
- Vetores entre os pontos GNSS com horário, precisões e DOPs (conforme capítulo 4.1.1);
- Relatório de Poligonal com erros de fechamentos e controle de qualidade na Poligonal Aberta, (conforme capítulo 4.2.1)
- Relatório das coordenadas dos pontos de detalhes, quando realizados com GNSS incluir colunas com as precisões;

- Formulário da aplicação do método de Estação Livre com os valores de desvio, resíduos e discrepâncias (quando for o caso).

5.9 Patrimônio, agrimensura e cadastro territorial

O Patrimônio Cultural Material possui ligação com a agrimensura e o cadastro territorial, os dois instrumentos de preservação, o tombamento e a chancela da paisagem, possuem influência direta com o direito de propriedade.

Na existência de um sistema cadastral o PCM passa a ser uma parcela, por exemplo, um imóvel pode ser tombado na sua totalidade, nesse caso continua sendo uma parcela, mas pode haver o tombamento apenas da edificação, nesse caso a área da edificação se torna uma nova parcela, diferente do restante do imóvel.

No caso da chancela da paisagem uma ou mais propriedades podem ser atingidas, nesses casos cada imóvel passa a ter uma nova parcela referente a área chancelada.

A figura 130 apresenta uma ilustração em que a edificação tombada recebeu uma numeração diferenciada em relação ao imóvel e a figura 131 apresenta uma situação de chancela de paisagem englobando diversas propriedades com parte das mesmas sendo instrumento de preservação da paisagem.

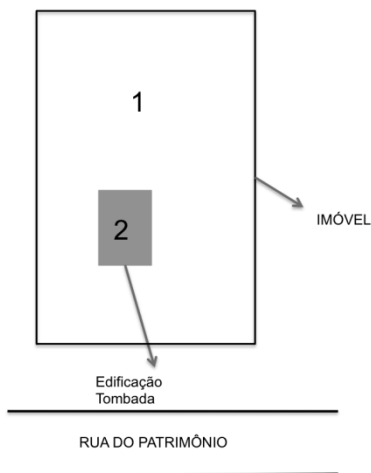


Figura 130: Imóvel com a edificação tombada

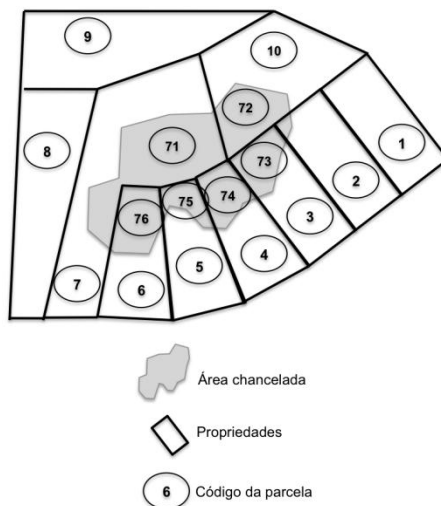


Figura 131: Situação de chancela de paisagem

Por não haver ainda um sistema cadastral no Brasil baseado no levantamento das parcelas conforme recomendado pela Portaria 511 de 2009, recomenda-se que as instituições gestoras do Patrimônio Cultural Material mantenham a documentação de Registro de Imóveis atualizadas em relação às informações métricas e posicionais dos bens. Portanto recomenda-se o trabalho de agrimensura e cadastro quando os bens forem tombados ou cancelados.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A necessidade de padronização dos levantamentos topográficos e geodésicos aplicados Patrimônio Cultural Material se mostrou um fato que pôde ser verificado nas problemáticas e justificativas apresentadas no capítulo 1.5 deste trabalho.

A falta de interesse do poder público em documentar os bens patrimoniais, assim como a descontinuidade administrativa que atinge as instituições públicas brasileiras tornaram o mapeamento dos PCM quase que inexistente.

Os levantamentos realizados nesta tese foram inéditos para as áreas mensuradas, os profissionais do IPHAN possuíam um conhecimento do local onde os sítios estão localizados, mas não tinham nenhum documento gráfico ou cartográfico e detalhado dos sítios. Esse fato mostra a gravidade da falta de documentação do Patrimônio Cultural.

O Estado da Arte apresentado no capítulo 1.8 mostrou experiências por diversas parte do globo com a utilização de técnicas de mensuração objetivando a documentação e conhecimento do bem patrimonial. A instituição *English Heritage* (Inglaterra), através das suas publicações direcionadas à mensuração do PCM, descrevendo precisões, métodos e a forma de representação pode ser tomada como um parâmetro importante para os desenvolvimentos desses trabalhos no Brasil.

Pelas experiências demonstradas no capítulo 1.8 verifica-se que é possível realizar um trabalho de levantamento dos bens patrimoniais de forma organizada e padronizada, nos países com maior tradição em mensuração o levantamento do Patrimônio Cultural possui grande importância no contexto das cidades.

Com a intuito de atender as necessidades de mensuração do Patrimônio Cultural Material e fornecendo solução às problemáticas apontadas nesta tese, foram delineados quatro objetivos da pesquisa. O primeiro foi levantar e avaliar a legislação e normas técnicas nacionais (capítulo 2).

Com o trabalho desenvolvido no capítulo 2, percebeu-se diversos pontos fracos na normatização técnica e na legislação. As principais normas técnicas brasileiras na área de mensuração apresentam conceitos que por vezes são confusos, um exemplo é o conceito de levantamento cadastral da NBR13133 abordado nesta tese. Na referida norma técnica

os parâmetros para a implantação das poligonais são de difícil utilização.

A NBR14166 apresenta um documento técnico para implantação de rede de referência cadastral municipal utilizando o Plano Topográfico Local. Esse tipo de Plano não apresenta vantagem, pois os mapas municipais não se encaixam e o mesmo ocorreria com os mapas do PCM. O principal motivo do desencontro é que a origem de cada PTL é georreferenciada, mas o levantamento passa a ter coordenadas locais, assim os levantamentos são isolados.

Uma nova norma de implantação de rede de referência deve ser elaborada considerando os parâmetros para trabalhos georreferenciados.

Em nenhuma legislação do PCM está apresentado detalhe sobre a mensuração do bem, um dos motivos é a falta de conhecimento das técnicas, pois os legisladores por vezes não conhecem todas as áreas envolvidas no tema, sendo assim, as leis buscam criar mecanismos de proteção dos bens patrimoniais, mas a base métrica para subsidiar essa tarefa não se apresenta nesses documentos

O segundo objetivo da tese foi pesquisar os métodos de levantamentos topográficos e geodésicos, que resultou na estruturação do capítulo 3. O terceiro objetivo foi concretizado com o capítulo 4, nas aplicações dos métodos de levantamento, gerando resultados importantes como apoio às diretrizes, assim como verificando a aplicabilidade dos métodos elencados no capítulo 3.

O quarto objetivo foi contemplado no capítulo 5, com a apresentação das diretrizes aos levantamentos topográficos e geodésicos aplicados ao Patrimônio Cultural Material, nesse casos buscou-se relacionar os métodos com as feições do PCM e a finalidade do levantamento para orientar os técnicos e pesquisadores que tenham a necessidade de mensuração dos bens.

Conclui-se que a estrutura elaborada neste trabalho foi adequada ao objeto da pesquisa, pois a revisão bibliográfica, técnica, científica, legal e normativa, os estudos dos métodos de levantamentos, assim como as aplicações desses métodos em campo subsidiaram as diretrizes apontadas no capítulo 5, conforme hipótese apresentada no capítulo 1.7.

As sugestões apresentadas nas diretrizes se apresentam viáveis tecnicamente, assim como economicamente. Apesar de não ser realizado estudos envolvendo esses parâmetros. Os equipamentos e técnicas apresentados no capítulo 4 utilizaram de equipamentos facilmente encontrados no mercado nacional e de uso comum pelos agrimensores e profissionais de mensuração. Os métodos apontados no capítulo 3 também estão de acordo com o praticado atualmente, principalmente na

questão da automação topográfica e de trabalho em plataforma informatizada.

Sendo assim, conclui-se que os objetivos propostos foram alcançados e este trabalho deve ser um ponto de partida para a padronização dos levantamentos topográficos e geodésicos.

Recomenda-se que as instituições gerenciadoras e gestoras do PCM tenham em seu quadro de funcionários profissionais da área de agrimensura, tanto de nível técnico, quanto de nível superior, pois são os profissionais habilitados para avaliar e aplicar as diretrizes propostas.

Recomenda-se ainda que os métodos não testados em campo possam ser estudados considerando a realidade brasileira, tanto na avaliação técnica, quanto na questão financeira.

Deve ser elaborado um banco de dados territoriais do PCM para a documentação em forma digital dos trabalhos de levantamento. Esse banco de dados deve estar preparado para gerenciar o material cartográfico (através das plantas) e na organização dos documentos e relatórios gerados resultantes do procedimento de levantamento de campo.

Recomenda-se um estudo para a determinação das precisões posicionais aos pontos a serem mensurados em campo, assim como a definição da resolução para atendimento das necessidades do Patrimônio.

A legislação deve ser revista e as recomendações para as medições devem ser amparadas juridicamente, assim sendo as instituições gestoras do PCM passam a exigir trabalhos com maior rigor técnico e padronizados.

Por fim, recomenda-se que as diretrizes apresentadas nesta tese sejam testadas e reavaliadas ao longo do tempo para possíveis adequações, principalmente na inclusão de novas tecnologias aos métodos existentes. Também deve-se manter um acompanhamento dos novos métodos a serem criados pelas futuras inovações tecnológicas, fazendo com que as diretrizes sejam dinâmicas e acompanhem as necessidades do Patrimônio Cultural Material.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREWS, David et al. **Measured and Drawn: Techniques and practice for the metric survey of historic buildings** (second edition). 2. ed. Swidon: English Heritage, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), 1994. *NBR 13133 Execução de Levantamentos Topográficos*. Rio de Janeiro. 35p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), 1998. *NBR 14.166: Rede de referência cadastral municipal – procedimento*. Rio de Janeiro. 23p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), 2000. *NBR 14645-1: Elaboração do “como construído” (as built) para edificações Parte 1: Levantamento planialtimétrico e cadastral de imóvel urbanizado com área até 25 000 m², para fins de estudos, projetos e edificação - Procedimento*

BARBOSA, Eduardo de Magalhães et al. Integridade no Posicionamento RTK e RTK em rede. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 16, n. 4, p.589-605, out./dez. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bcg/v16n4/a07v16n4.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2014.

BARBER, DAVID; MILLS, JON(Englaterra) (Comp.). **3D Laser Scanning for Heritage: Advice and guidance to users on laser scanning in archaeology and architecture**. 2. ed. Swidon: English Heritage, 2011. 39 p

BEBER, Marcus Vinícius. **O Sistema de Assentamento dos Grupos Ceramistas do Planalto Sul-Brasileiro: o caso da Tradição Taquara-Itararé**. Tese de Doutorado- PPGH. São Leopoldo, RS: UNISINOS, 2004. 289f.

BEIRÃO, Carla Castello Branco. **O potencial do laser scanner terrestre para o inventário do patrimônio arquitetônico**. 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

BORRAZÁS, Patricia Mañana; et al. **La Documentación Geométrica de Elementos Patrimoniales com Láser Escáner Terrestre. La Experiencia del Lapa em Galicia**. In: Cuadernos de Estudios Gallegos, LVI, N°122, janeiro-dezembro de 2009, p. 33-65. Disponível em: <<http://http://digital.csic.es/bitstream/10261/20449/1/55.pdf>>. Acesso em 10 de abril de 2014.

BRASIL. Decreto nº 24.735, de 14 de Julho de 1934. Aprova, sem aumento de despesa, o novo regulamento do "Museu Histórico Nacional".

BRASIL. Decreto nº 22.928 de 30 de novembro 1933.

BRASIL. Decreto-Lei nº 25 de 30 de novembro 1937. Organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional.

BRASIL. Lei nº 3924. Dispõe sobre os Monumentos Arqueológicos e Pré-Históricos. 1961.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.

BRASIL. Lei 10.267 de 2001. Altera dispositivos das Leis nos 4.947, de 6 de abril de 1966, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 6.739, de 5 de dezembro de 1979, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e dá outras providências.

BRASIL. Lei 10257 de 2001. Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.

BRASIL. Portaria no 511, de 07 de dezembro de 2009. Estabelece Diretrizes para a Criação, Instituição e Atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros. Brasília, 08 dez 2009.

BLACHUT, T. J.; CHRZANOWSKI, A.; SAASTAMOINEN, J.H. Cartografía y levantamientos urbanos. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. New York: Inc. Springer-Verlag. 1979.

BRYAN, Paul et al. **Metric Survey Specifications for Cultural Heritage**. 2. ed. Swidon: English Heritage, 2009. 109p.

CABRAL, C.R; HASENACK, M; PHILIPS, J.W. Originais de levantamento Cadastral. Revista Brasileira de Cartografia (2013) Nº 65/2: 293-301.

CARPEGEANI, Cleuza Barbosa de Freitas; REZENDE FILHO, Prof. Dr. Cyro de Barros. Caminho das Tropas: A Importância da preservação histórica e cultural como meio de preservação ambiental no Vale do Paraíba. **Revista Ciências Humanas**: UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ (UNITAU), Taubaté, v. 1, n. 1, jan. 2009.

CSCC - CONFERENZA DEI SERVIZI CANTONALI DEL CATASTO RACCOMANDAZIONE. **Grado di dettaglio nella misurazione ufficiale**. Livello d'informazione "Oggetti singoli" in 3 dimensioni (OS_3D). Edizione

del 14.06.2006, versione 1.1, KKVA_Detaillierungsgrad-EO_3D_Stand_2008_06_it.doc.

D'ANGELIS, Wilmar R. VEIGA, Juracilda. **Habitação e Acampamentos Kaingang hoje e no passado. Cadernos do CEOM.** Chapecó: Unochapecó/Argos, 2003, n. 18, p. 213-242

DRECHSEL, Theo. Bringing History ti Life. **The Global Magazine Of Leica Geosystem: Reporter 69**, Heerbrugg (switzeland), v. 1, n. 69, p.6-8, set. 2013.

FRANÇA, Rovane Marcos de. Métodos de Levantamento: Técnicas de medição com LS3D Estático - Parte1. **Mundogeo: A revista de geomática e soluções geoespaciais**, São Paulo, n. 70, p.56-56, out. 2012. Bimestral. Disponível em: <http://issuu.com/editoramundogeo/docs/mundogeo_70_web/1?e=1807500/1658164>. Acesso em: 23 abr. 2014.

KAHMEN, H.; FAIG, W. **Surveying**. Berlin; New York. Ed. de Gruyter, 1988. 547p.

FRANÇA, Rovane Marcos de. (Mais) Métodos de Levantamento: Técnicas de medição com LS3D Estático – Parte2. **Mundogeo: A revista de geomática e soluções geoespaciais**, São Paulo, n. 71, p.52-52, jan-fev. 2013. Bimestral. Disponível em: <http://issuu.com/editoramundogeo/docs/mundogeo71/3?e=0>. Acesso em: 23 abr. 2014.

GERNET, Marcos de Vasconcellos. BIRCKOLZ, Carlos João. Fauna malacológica em dois sambaquis do litoral do Estado do Paraná, Brasil. **Biotemas**, 24 (3): 39-49, setembro de 2011.

GIM INTERNATIONAL (Holanda). **Digital Palace of Versailles after 100,000 Laser Scans**. 2013. Disponível em: <http://www.gim-international.com/news/land_surveying/laser_scanning/id7701-digital_palace_of_versailles_after_100000_laser_scans.html>. Acesso em: 21 mar. 2014.

GROETELAARS, N.J.; AMORIM, A.L.; Técnicas de restituição fotogramétricas digitais aplicadas à Arquitetura: um estudo de caso, COBRAC, Florianópolis, 2004.

GÜNTER, N.S. (org). A arquitetura no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1983.

HASENACK, M. **Originais do levantamento topográfico cadastral: possibilidade de sua utilização para a garantia dos limites geométricos dos bens imóveis**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa

Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – Florianópolis,SC, 2000.

HASENACK, M; CABRAL, C.R; PHILIPS, J.W.. A persepção da Carta Cadastral no Brasil. Revista Brasileira de Cartografia (2013a) Nº 65/2: p283-291.

HASENACK, M. A **Cartografia Cadastral no Brasil**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil Florianópolis, SC, 2013b. 201 p.

HERBERTS, ANA LUCIA; LAVINA,RODRIGO; COMERLATO,FABIANA; COSTA,CARLOS. 2006, Rio Grande. **Anais do V encontro do Núcleo Regional Sul da Sociedade de Arqueologia Brasileira – SAB/Sul**. Rio Grande/rs: Sab/sul, 2006. 3 p. Disponível em: <<http://www.anchietano.unisinos.br/sabsul/V - SABsul/comunicacoes/55.pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2014.

IBGE, Resolução do Presidente 1 de 2005, que altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro.

IBGE. Recomendações para Levantamento Relativo Estático-GPS. 2008. 20p

IBGE. **Manual do Usuário Posicionamento Por Ponto Preciso**: Versão: março. 2009. Disponível em: <http://www.ppp.ibge.gov.br/manual_ppp.pdf>. Acesso em: 01 out. 2012.

IBGE. **Posicionamento por Ponto Preciso-PPP**. 2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/ppp/default.shtm>>. Acesso em: 17 abr. 2014.

IPHAN. Portaria 230 de 17 de Dezembro de 2002. Faz saber que são necessários os procedimentos para obtenção de licenças ambientais em urgência ou não, referente ao acompanhamento e apreciação das pesquisas arqueológicas no país. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/portal/baixaFcdAnexo.do?id=337>. Acessado em: 03 nov.2013

IPHAN. Portaria 420 de 22 de Dezembro de 2010. Dispõe sobre os procedimentos a serem observados para a concessão de autorização para realização de intervenções em bens edificados tombados e nas respectivas áreas de entorno. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/portal/baixaFcdAnexo.do?id=1703>. Acessado em: 03 nov.2013

IPHAN. Portaria 127 de 30 de Abril de 2009. Estabelece a chancela da Paisagem Cultural Brasileira. DOU Nº 83, 5 de maio de 2009.

IPHAN, Patrimônio Material. disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/portal/montarPaginaSecao.do;jsessionid=E53E3971B B76F0EFA5810DCF5B47A9B1?id=12297&retorno=paginaIphan>. Acessado 18/02/2014 as 9:35hs.

Instituto Geografico Nacional -IGN. **Planos de iglesias, edificios publicos y parcelarios urbanos de la Provincia de Madrid en el ultimo tercio del siglo XIX**. Madrid, España: Instituto Geográfico Nacional - Ign, 1988. 295 p.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. 3 Ed, Brasília, 2013.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Manual Técnico de Posicionamento: georreferenciamento de imóveis rurais**. 1. Ed. Brasília 2013.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Manual Técnico de Limites e Confrontações: georreferenciamento de imóveis rurais**. 1. Ed. Brasília 2013.

JONES, David M; MCLAREN, Andrews (Ed.). **Where on Earth are We?: The Global Positioning System (GPS) in archaeological field survey**. Swidon: English Heritage, 2003. 24 f.

KAHMEN, H.; FAIG, W. **Surveying**. Berlin; New York. Ed. de Gruyter, 1988. 547p.

Leica Geosystems. **Leica FlexLine TS02/TS06/TS09 User Manual**. 2010

LOCH, R.E.N., Cartografia: representação, comunicação e visualização de dados espaciais. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2006. 313p.

LOCH. C; CORDINI.J. Topografia Contemporânea: planimetria. 2ed. Florianópolis. EdUFSC, 2000. 321p.

LUZ, L.A.S. **Uma proposta para a precisão posicional do cadastro urbano brasileiro**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil Florianópolis, SC, 2014. 82 p.

MATSUOKA, Marcelo Tomio et al. Potencialidades do Serviço on-line de Posicionamento por Ponto Preciso (CSRS-PPP) em aplicações geodésicas. **Gaea - Journal Of Geoscience**, São Leopoldo-rs, p. 42-49. 2009.

MESSMER, E. Medición de excavaciones arqueológicas. **Wild Reporter**, Heerbrugg (switzerland), n. 11, p.6-8, set. 1982.

MONICO, J.F.G.. Posicionamento pelo NAVISTAR - GPS: Descrição, fundamentos e aplicações. São Paulo: Editora Unesp, 2000. 287 p.

MÜLLER, Robert. **Compendio General de Topografia Teorico Practica: Triangulacion y Nivelacion terrestre e subterránea**. 3. ed. Buenos Aires: El Ateneo, 1945. 268 p.

NOTÍCIAS DO DIA (Santa Catarina). **Sambaqui de Joinville pode desaparecer por causa da erosão**: Sítio arqueológico Cubatão I precisa de uma contenção para evitar ação da água do rio de mesmo nome. 2013. Disponível em: <<http://ndonline.com.br/joinville/noticias/121256-sambaqui-de-joinville-pode-desaparecer-por-causa-da-erosao.html>>. Acesso em: 01 abr. 2014.

OLIVEIRA, Elenice Rosa de. **Método de levantamento topográfico e cadastral aplicado ao Patrimônio Cultural**. 2012. 121 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Departamento de Departamento de Geografia, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

PEIXOTO, Sílvia Alves. **Pequenos aos montes: uma análise dos processos de formação dos sambaquis de pequeno porte do litoral Sul de santa Catarina**. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro, 2008.

PERIN, Edenir Bagio. **Pedras e Caminhos: Análise Espacial das Estruturas Arqueológicas Remanescentes dos Caminhos de Tropas no Planalto de Lages**. 2011. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Geografia, Udesc, Florianópolis, 2011.

PHILIPS, J. Conceito de imóvel e parcela no cadastro georreferenciado. **Revista de direito imobiliário/IRIB**, São Paulo: RT, n. 325, mar/abr.2006.

RENFREW, Colin; BAHN, Paul. **Archaeology: Theories, Methods and Practice**. 2. ed. London: Thames And Hudson Ltd, 1996. 608 p.

RONDEAU, Marie-caroline. Laser Light on Gothic Architecture. **The Global Magazine Of Leica Geosystem: Reporter 68**, Heerbrugg (switzerland), v. 1, n. 68, p.3-6, maio 2013.

ROBINSON, A.H. et al. Elements of Cartography. 6. ed. United States Of America: John Wiley & Sons, Inc, 1995.

RUTHER, Heinz et al. Laser scanning for conservation and research of African cultural heritage sites: the case study of Wonderwerk Cave, South Africa. **Journal Of Archaeological Science**, n. 36, p.1847-1856. 2009

SEEBER, G. Satellite Geodesy. Berlin: Nova York: Editora W de Guyter, 2003. 2nd edição. 589 p.

Shapiro L.G. & Stockman G.C. 2000. **Computer Vision**. Prentice Hall, New Jersey

SOLERA, C. R. História & Bruacas: uma viagem ao mundo de muitos mundos. Curitiba: Progressiva, 2006. 613p.

SWISSTOPO – Map Of Cultural Heritage. acessado no dia 19 de julho de 2011. <http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/en/home/products/maps/leisure/heritage.html>

TOMMASELLI, Antonio Maria Garcia. **Um Estudo sobre as Técnicas de Varredura a Laser e Fotogrametria para Levantamentos 3d a curta Distância**. UNESP, Presidente Prudente. Abril de 2003.

WILD REPORTER. Heerbrugg (switzerland): Wild Heerburg S.A., v. 2, out. 1969.

WILD REPORTER. Heerbrugg (switzerland): Wild Heerburg S.A., v. 11, jan. 1977.

WILD REPORTER. Heerbrugg (switzerland): Wild Heerburg S.A., v. 20, ago. 1982.

UNESCO. **Carpeta de Información sobre el patrimonio mundial**. Paris: Centro del Patrimonio Mundial de La Unesco, 2008. 32 p

UNESCO, 2012, Paris. **Earthen architecture in today's world**: Proceedings of the UNESCO International Colloquium on the Conservation of World Heritage Earthen Architecture. Paris: Unesco, 2012. 271 f. Disponível em: <<http://whc.unesco.org/en/series/>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

XEREZ, C. Topografia Geral: Topografia, Fotogrametria, Elementos de Geodésia e de Astronomia Geodésica. Volume 1. Edição Técnica Revista de Engenharia dos Alunos do I.S.T. Editora Tip. Jorge Fernandes Ltda. Lisboa, Portugal. 1947a. 358p

XEREZ. C. Topografia Geral: Topografia, Fotogrametria, Elementos de Geodésia e de Astronomia Geodésica. Volume 2. Edição Técnica Revista de Engenharia dos Alunos do I.S.T. Editora Tip. Jorge Fernandes Ltda. Lisboa, Portugal. 1947b. 363p